

# BOOK OF ABSTRACT

## GIORNATE DELL'IDROLOGIA 2023

COMPLESSITÀ DEI FENOMENI IDROLOGICI IN AMBIENTE NATURALE E ANTROPIZZATO



**UNIVERSITÀ** DEGLI STUDI  
DELLA **BASILICATA**

MATERA, 13 - 15 SETTEMBRE 2023

CAMPUS UNIBAS - VIA LANERA, 20

<http://www.sii-ihs.it/>

Segreteria Organizzativa:  
giornateidrologia2023@gmail.com



Società Idrologica Italiana  
Italian Hydrological Society

PROGRAMMA





# GIORNATE DELL'IDROLOGIA 2023

COMPLESSITÀ DEI FENOMENI IDROLOGICI IN AMBIENTE NATURALE E ANTROPIZZATO

MATERA, 13 - 15 SETTEMBRE 2023

CAMPUS UNIBAS - VIA LANERA, 20

## Registrazione

La partecipazione alle Giornate dell'Idrologia è a titolo gratuito, ma è riservata ai soci della Società Idrologica Italiana. L'iscrizione alla SII è possibile tramite le istruzioni presenti sul sito [www.sii-ihs.it](http://www.sii-ihs.it) oppure in sede di registrazione alle Giornate.

- Socio Studente € 5,00

- Socio Ordinario € 20,00

- Socio Ordinario Istituzionale € 100,00

## COMITATO SCIENTIFICO

Brunella Bonaccorso  
Giorgio Boni  
Martina Bussetini  
Luigi Cimorelli  
Angela Corina  
Elena Cristiano  
Roberto Deidda  
Davide De Luca  
Ruggero Ermini  
Vito Iacobellis  
Christian Massari  
Mauro Fiorentino  
Valerio Leonardo Noto  
Marco Peli  
Daniele Penna  
Riccardo Rigon  
Aurelia Sole  
Vito Telesca  
Ezio Todini  
Elena Toth



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DELLA **BASILICATA**



Società Idrologica Italiana  
Italian Hydrological Society

## COMITATO ORGANIZZATORE

Aurelia Sole (Presidente)  
Raffaele Albano  
Silvano F. Dal Sasso  
Ruggero Ermini  
Mauro Fiorentino  
Beniamino Onorati  
Vito Telesca



**INDICE****SESSIONE ORALE 1**

L'IMPATTO DELLE ALLUVIONI SUGLI EDIFICI STRATEGICI Gabriele Bertoli, Chiara Arrighi	13
L'IMPATTO DELLE DISCONTINUITÀ STRUTTURALI SULLA FORMAZIONE DELLE BRECCHE NEI RILEVATI ARGINALI IN TERRA Bianca Bonaccorsi, Silvia Barbetta, Orazio Casablanca, Tommaso Moramarco, Giuseppe Tito Aronica	14
EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SUGLI EVENTI COMPOSTI STRESS DA CALORE ED INONDAZIONE Dario Treppiedi, Gabriele Villarini, Leonardo Valerio Noto	15
IL CONTRIBUTO DELLA FUSIONE NIVALE ALLA FORMAZIONE DELLE PIENE NELLE ALPI Paolo Colosio, Massimo Tomirotti, Roberto Ranzi	16
VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLE DIGHE SULLE PORTATE DI PIENA Stefano Cipollini, Elena Volpi, Aldo Fiori	18
STIMA DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO IN PICCOLI BACINI ITALIANI MEDIANTE L'USO DI DATI STORICI Giulia Evangelista, Claudia Ruggeri, Pierluigi Claps	19
MISURE DI IMPORTANZA NELLE APPLICAZIONI IDROLOGICHE Francesco Cappelli, Andrea Petroselli, Ciro Apollonio, Flavia Tauro, Salvatore Grimaldi	20

**SESSIONE ORALE 2**

L'IMPORTANZA DELL'USO DI MISTURE NELLA STIMA DEI VALORI DI PROGETTO DI UNA GRANDEZZA Francesco Napolitano, Davide Luciano De Luca	23
APPLICAZIONE DELLE SOGLIE PLUVIOMETRICHE BAYESIANE AL CASO DELLA SIEVE Daniela Biondi, Aldo Greco, Ezio Todini	25
REAL-TIME AND OFFLINE HYDRO-METEOROLOGICAL TOOLS FOR CIVIL PROTECTION: THE POLIMI RESEARCH ACTIVITY Marco Mancini, Enrico Gambini, Giovanni Ravazzani, Alessandro Ceppi	26
AI-DRIVEN MORPHOCLIMATIC REGIONAL FREQUENCY MODELLING OF SUB-DAILY RAINFALL-EXTREMES Andrea Magnini, Michele Lombardi, Taha B. M. J. Ouarda, Attilio Castellarin	27
INTEGRAZIONE DI UNA MAPPATURA AD ALTA RISOLUZIONE DEI GRADIENTI OROGRAFICI NELLA STIMA DELLA PRECIPITAZIONE DI PROGETTO Paola Mazzoglio, Ilaria Butera, Pierluigi Claps	28
ESTIMATION OF PROJECTED CHANGES ON SUB-DAILY PRECIPITATION EXTREMES FROM A CONVECTION-PERMITTING MULTI-MODEL ENSEMBLE Eleonora Dallan, Francesco Marra, Giorgia Fosser, Marco Marani, Marco Borga	29
CHANGES IN INTENSE PRECIPITATION IN FRIULI-VENEZIA GIULIA Elisa Arnone, Veronica Zoratti, Dario Treppiedi, Leonardo V. Noto	30

**SESSIONE ORALE 3**

RAPPORTO TRA SUOLO E PROCESSI IDROLOGICI. CHI DOMINA E CHI È DOMINATO? Fabrizio Fenicia, Hongkai Gao, Hubert Savenije	35
STIMA DELLA FRACTIONAL VEGETATION COVER A DIFFERENTI SCALE SPAZIALI Dario De Caro, Matteo Ippolito, Fulvio Capodici, Giuseppe Ciruolo	36
DINAMICHE E ORIGINE STAGIONALE DELL'ACQUA NEL SISTEMA SUOLO-PIANTA-ATMOSFERA DI UNA PRATERIA DI ALTA QUOTA IN VALLE D'AOSTA Alessio Gentile, Davide Gisolo, Davide Canone, Stefano Ferraris	38
AVANZAMENTI NELLO STUDIO DELLA RELAZIONE TRA LA DINAMICA DEL PIANO DI FLUSSO NULLO E I FLUSSI DI MASSA IN SUOLI PRONI ALL'ARRICCHIMENTO DI METALLI Marco Peli, Martina Siena, Stefano Barontini, Monica Riva, Roberto Ranzi	40
UTILIZZO E DIMENSIONAMENTO DELLE PIAZZE DI DEPOSITO PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI COLATA DETRITICA Carlo Gregoretti, Matteo Barbini, Martino Bernard, Mauro Boreggio, Massimiliano Schiavo	42

**SESSIONE ORALE 4**

ANALISI DELLA RELAZIONE FRA VELOCITÀ SUPERFICIALE E VELOCITÀ MEDIA LUNGO UNA VERTICALE PER L'OTTIMIZZAZIONE DELLE MISURE DI PORTATA CON TECNICHE OTTICHE Francesco Alongi, Dario Pumo, Carmelo Nasello, Leonardo Noto	45
COMPLESSITÀ DEI PROCESSI NEL LABORATORIO IDROLOGICO ALL'APERTO (HOAL) DI PETZENKIRCHEN, AUSTRIA Günter Blöschl	47
COSMIC-RAYS NEUTRON SENSING PROBE NETWORK FOR LARGE-SCALE SOIL MOISTURE MONITORING Luca Morselli, Gabriele Baroni, Barbara Biasuzzi, Enrico Gazzola, Stefano Gianessi, Marcello Lunardon, Luca Stevanato	48
FOCA (ITALIAN FLOOD AND CATCHMENT ATLAS): L'ATLANTE ITALIANO DELLE PIENE E DEI DESCRITTORI DEI BACINI IDROGRAFICI Pierluigi Claps, Giulia Evangelista, Daniele Ganora, Paola Mazzoglio, Irene Monforte	49

**SESSIONE ORALE 5**

PANDEMIA, TENSIONI INTERNAZIONALI, INFLAZIONE ECONOMICA E GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE: IL CASO DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA Alberto Montanari	53
VALUTAZIONE DELLA DISPONIBILITÀ IDRICA DA ACQUIFERI A CICLO NATURALE IN DIVERSI SCENARI FUTURI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO David J. Peres, Nunziarita Palazzolo, Claudio Mineo, Stefania Passaretti, Anna Varriale Alberto Campisano, Antonino Cancelliere	55
OTTIMIZZAZIONE DELLE REGOLE DI DERIVAZIONE DALL'INVASO DI RIDRACOLI E SIMULAZIONE DEGLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULLA DISPONIBILITÀ IDROPOTABILE FUTURA Mattia Neri, Elena Toth	56

DEVELOPMENT OF A NEW INDEX USING RESERVOIR STORAGE DYNAMICS TO STUDY DROUGHT PROPAGATION IN SARDINIA Avijit Majhi, Stefano Farris, Ouafik Boulariah, Salvatore Urru, Roberto Deidda, Francesco Viola	57
MODELLAZIONE DELLE DRY SPELLS MEDIANTE PROCESSI POISSONIANI NON OMOGENEI Davide Luciano De Luca, Elena Ridolfi, Benedetta Moccia, Fabio Russo, Francesco Napolitano	59
I PIÙ GRAVI EVENTI DI SICCIÀ IN ITALIA DAL 1951: CARATTERIZZAZIONE MEDIANTE INDICI STANDARDIZZATI Anna Botto, Giovanni Braca, Martina Bussettini, Marco Casaioli, Barbara Lastoria, Giulia Marchetti, Stefano Mariani, Cosimo Peruzzi, Francesca Piva, Robertino Tropeano	61
INSEGNARE IDROLOGIA CONSIDERANDO EGUAGLIANZA, INCLUSIONE E SOSTENIBILITÀ Rita Bencivenga, Cinzia Leone, Angela Celeste Taramasso	63
<b>SESSIONE POSTER</b>	
IL RUOLO CHIAVE DELL'OSSERVATORIO RAFFAELLI NEL TERRITORIO DI CASARZA LIGURE: GLI EVENTI DI MALTEMPO DEL 2-3 NOVEMBRE 2019 E DEL 2-3 OTTOBRE 2020 Claudio Monteverde, Cosimo Cagnazzo	67
PRIVATE SENSORS AND CROWDSOURCED RAINFALL DATA: ACCURACY AND POTENTIAL FOR MODELLING PLUVIAL FLOODING IN URBAN AREAS Kay Khaing Kyaw, Emma Baietti, Cristian Lussana, Valerio Luzzi, Paolo Mazzoli, Stefano Bagli, Attilio Castellarin	69
UNDERSTANDING THE IMPACTS OF EXTREME HYDRO-METEOROLOGICAL EVENTS ON RAILWAY INFRASTRUCTURE Giada Varra, Gabriele Medio, Luca Cozzolino, Renata Della Morte, Mario Tartaglia, Andrea Fiduccia, Ivan Agostino, Alessandra Zammuto	70
STRUCTURAL EQUATION MODELLING FOR THE ASSESSMENT OF FLOOD RISK PERCEPTION Stefania Santoro, Ruggiero Lovreglio, Vincenzo Totaro, Domenico Camarda, Vito Iacobellis, Umberto Fratino	72
MODELLAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI REGIONALE CON POST-PROCESSING STOCASTICO PER LA SIMULAZIONE DELLE CURVE DI FREQUENZA DELLE PIENE Luca Lombardo, Metteo Pesce, Luigi Cafiero, Larisa Tarasova, Pierluigi Claps, Richard Vogel, Simon Michael Papalexou, Ralf Merz, Alberto Viglione	73
PAVIMENTAZIONI DRENANTI: MONITORAGGIO DELLA PERMEABILITÀ IN SITO E INDAGINI DI LABORATORIO ALL'INTERNO DEL PROGETTO URCA! Margherita Evangelisti, Francesca Cozzolino, Margherita Altobelli, Marco Maglionico, Patrizia Piro, Michele Turco, Stefania Anna Palermo	75
NON-STATIONARY FLOOD FREQUENCY ANALYSIS: CASE STUDY IN THE PO RIVER BASIN Luigi Cafiero, Paola Mazzoglio, Alberto Viglione, Francesco Laio	77
EFFETTI DI SCALA SUI MECCANISMI DI FORMAZIONE DEL RUSCELLAMENTO SUPERFICIALE IN UN BACINO SPERIMENTALE Biagio Sileo, Silvano F. Dal Sasso, Ruggero Ermini, Mauro Fiorentino, Salvatore Manfreda, Maria Rosaria Margiotta, Beniamino Onorati	79
GIS-BASED AUTOMATIC PROCEDURE FOR THE ASSESSMENT OF EXPECTED DAMAGE TO BUILDINGS IN FLOOD-PRONE AREAS Giulia Mazzaccaro, Giorgio Boni, Silvia De Angeli, Bianca Federici	80

LEVERAGING THE POTENTIAL OF BIORETENTION CELLS TO TACKLE URBAN FLOODING THROUGH AN INNOVATIVE WEB-GIS APPROACH Shaahin Nazarpour Tameh, Ilaria Gnecco, Anna Palla	81
ANALISI COMPARATIVA DEGLI EVENTI ALLUVIONALI STORICI NEI BACINI IDROGRAFICI DEL DANUBIO E DEL MENO TRA IL 1845 E IL 1950 Miriam Bertola, Marlene Haas, Jürgen Komma, Günter Blöschl	83
LA FORMAZIONE DEI SUPER-EVENTI PIOVOSI NELL'AREA OCCIDENTALE DI NAPOLI. STRATEGIE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO Giuseppe Ascione, Alberto Fortelli, Francesco De Paola, Francesco Pugliese, Giuseppe Speranza, Nunzio Marrone, Maurizio Giugni	84
VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI A SCALA D'EVENTO: UN'APPLICAZIONE SU UN BACINO DEL SUD SARDEGNA Dario Ruggiu, Clorinda Cortis, Sara Frongia, Felice Mottura, Enrica Perra, Domenico Caracciolo, Aldo Orrù, Saverio Liberatore	86
CHARACTERIZATION OF 1-HOUR MAXIMUM RAINFALL VALUES IN ITALY BY MEANS OF THE ERA-5 REANALYSIS Roberto Coscarelli, Francesco Chiaravalloti, Tommaso Caloiero	87
INDAGINE SULL'AFFIDABILITÀ DELLE CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA (CPP) IN SICILIA Dario Treppiedi, Giuseppe Cipolla, Antonio Francipane, Marcella Cannarozzo, Leonardo Valerio Noto	88
URCA!: SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO, EVENTI PLUVIOMETRICI DI PROGETTO E APPROCCIO PARTECIPATO PER MIGLIORARE LA RESILIENZA URBANA Anna Palla, Ilaria Gnecco, Francesca Pirlone, Giovanna Grossi, Michèle Pezzagno, Antonella Pietta, Arianna Dada, Marco Maglionico, Alberto Paolo Campisano, Patrizia Piro, Ruggero Ermini, Carmen Fattore, Carlo Giudicianni, Sara Todeschini, Enrico Fortunato Creaco	89
PROPOSTA METODOLOGICA PER LA DEFINIZIONE DI UN INDICE DI SOSTENIBILITÀ PER LA GESTIONE DEI PRELIEVI IDRICI DI UN SISTEMA ACQUEDOTTISTICO ALIMENTATO DA SORGENTI A CICLO NATURALE Eleonora Boscariol, Claudio Mineo, Stefania Passaretti, Battaglia Simona, Anna Varriale, Emanuele Romano, Nicolas Guyennon, Anna Bruna Petrangeli	91
NINE CENTURIES STREAMFLOW RECONSTRUCTION FOR THE PO RIVER Rui Guo, Hung T. T. Nguyen, Stefano Galelli, Serena Ceola, Alberto Montanari	93
ANALISI PRELIMINARI PER LO STUDIO A LUNGO TERMINE DELLE COMPONENTI DEL BILANCIO IDROLOGICO DEL BACINO DEL FIUME FELLA, FRIULI-VENEZIA GIULIA Veronica Zoratti, Giuseppe Formetta, Elisa Arnone	94
EVALUATION OF CHIRPS AND ERA5-LAND SATELLITE PRODUCTS FOR DROUGHT MONITORING IN THE MEDITERRANEAN CLIMATE OF MOROCCO'S TENSIFT BASIN: A COMPARATIVE STUDY USING SPI, SPEI, AND VCI INDICES Mohamed Naim, Brunella Bonaccorso	96
VALUTAZIONE DELLA RICHIESTA IDRICA PER UNA PRODUZIONE STABILE DI GRANO DURO IN SARDEGNA Elena Cristiano, Gabriella Pusceddu, Marino Marrocu, Simone Manca, Roberto Deidda, Francesco Viola	97
A REVIEW OF COUPLED HYDROLOGIC AND WATER ALLOCATION MODELING APPROACHES: LIMITATIONS, OPPORTUNITIES AND CHALLENGES Shewandagn Lemma Tekle, Brunella Bonaccorso	98

WATER BUDGET QUANTIFICATION IN THE PO RIVER BASIN: ADVANCEMENTS OF THE GEOFRAME SYSTEM IMPLEMENTATION Gaia Roati, Giuseppe Formetta, Daniele Andreis, Silvano Pecora, Marco Brian, Riccardo Rigon	100
ANALYSIS OF ALTITUDE AND DROUGHT TRENDS RELATIONS IN THE PIEDMONT REGION USING STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX AND STANDARDIZED PRECIPITATION EVAPOTRANSPIRATION INDEX Emanuele Mombrini, Stefania Tamea, Alberto Viglione, Roberto Revelli	102
ANALISI DELLA POTENZIALITÀ DELLA GESTIONE INTEGRATA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE E DI UN INVASO IDROELETTRICO Domenico Micocci, Cristiana Bragalli, Elena Toth	103
VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULLA DISPONIBILITÀ DI RISORSA IDRICA: LA COLLABORAZIONE TRA FONDAZIONE CMCC E ACQUEDOTTO PUGLIESE S.P.A. Roberta Padulano, Giuliana Barbato, Matteo Pesce, Davide Morale, Mohamed Azhar, Marta Ellena, Paola Mercogliano, Vincenzo Patruno, Davide Ritossa, Luciano Venditti, Ventafridda Gerardo, Gianluigi Fiori	104
CARATTERIZZAZIONE DEI PERIODI SICCIOSI ED UMIDI IN SICILIA MEDIANTE LO STANDARDIZED PRECIPITATION-EVAPOTRANSPIRATION INDEX Dario Treppiedi, Antonio Francipane, Leonardo Valerio Noto	106
PERCHÉ LA MAGRA DEL FIUME PO DEL 2022 È LA PEGGIORE DI SEMPRE Alberto Montanari, Hung Nguyen, Sara Rubinetti, Serena Ceola, Stefano Galelli, Angelo Rubino, Davide Zanchettin	108
PANTA RHEI SYNTHESIS BOOK: SINTESI DI UN DECENNIO DI RICERCA IAHS Alberto Viglione, Antonio Annis, Günter Blöschl, Andrea Castelletti, Serena Ceola, Giuliano Di Baldassarre, Maurizio Mazzoleni, Alberto Montanari, Fernando Nardi, Maria Rusca, Elisa Savelli, Anna Scolobig, Giulia Vico, Fuqiang Tian	109
VARIABILITÀ NEI LIVELLI DI THROUGHFALL TRA ALBERI DI QUERCIA E FAGGIO IN UN BACINO MONTANO DELL'APPENNINO CENTRALE Marco Dionigi, Matteo Verdone, Daniele Penna, Silvia Barbetta, Christian Massari	110
ELEMENTARY MATHEMATICS FOR THE TRANSPIRATION BUDGET Concetta D'Amato, Riccardo Rigon	111
TOWARDS AN OPTIMIZATION OF IRRIGATION PARAMETERS TO IMPROVE LAND SURFACE MODEL SIMULATIONS Sara Modanesi, Gabrielle J. M. De Lannoy, Michel Bechtold, Louise Busschaert, Christian Massari	113
AN ADVANCED 4D SOIL MOISTURE PRODUCT OVER ITALY Arianna Mazzariello, Raffaele Albano, Teodosio Lacava, Aurelia Sole	114
SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF DAILY CROP WATER REQUIREMENTS AND GLOBAL TRENDS OF CLIMATE-DRIVEN WATER STRESS, FROM 1970 TO 2019 Matteo Rolle, Stefania Tamea, Pierluigi Claps	115
RECENT DEVELOPMENTS AND APPLICATIONS OF THE HYDRUS MODEL FOR THE NUMERICAL ANALYSIS OF PROCESSES IN THE VADOSE ZONE Giuseppe Brunetti, Jiri Simunek, Diederik Jacques, Tiantian Zhou, Miroslav Šejna	116
TOWARDS A BETTER UNDERSTANDING OF THE IMPACT OF IRRIGATION ON THE WATER CYCLE THROUGH SATELLITE-DERIVED IRRIGATION ESTIMATES Jacopo Dari, Renato Morbidelli, Pere Quintana-Seguí, Anais Barella-Ortiz, Mehdi Rahmati, Carla Saltalippi, Alessia Flammini, Luca Brocca	117

PROPOSAL OF A PHENOLOGICAL SOIL WATER BALANCE USING CROP COEFFICIENTS AT WATERSHED LEVEL FOR A BETTER WATER RESOURCES MANAGEMENT Michele Bartolucci, Francesco Veneri	118
UTILIZZO DEI DATI DI RIANALISI DI UMIDITÀ DEL SUOLO PER IL MIGLIORAMENTO DELLE PRESTAZIONI DELLE SOGLIE IDRO-METEOROLOGICHE PER LA PREVISIONE DELLE FRANE Nunziarita Palazzolo, Pierpaolo Distefano, Luca Piciullo, Enrico Creaco, Pietro Scandura, Antonino Cancelliere, David J. Peres	119
SERVIZIO IDROGRAFICO DELLA REGIONE UMBRIA: STRUMENTI INTERATTIVI PER LA DIFFUSIONE DI DATI IDRO-METEOROLOGICI, STUDI ED ANALISI A SUPPORTO DELLA GESTIONE DELLA RISORSA IDRICA E DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO Marco Dionigi, Marco Stelluti, Christian Massari, Sandro Costantini, Stefano Nodessi Proietti, Silvia Barbetta	121
THE IMPACTS OF HUMAN PRESSURE ON SURFACE WATER RESOURCES IN ITALY Irene Palazzoli, Serena Ceola, Alessio Domeneghetti, Gianluca Lelli	123
METRICHE A SUPPORTO DELL'ANALISI DELLE IMMAGINI PER IL MONITORAGGIO DELLE PORTATE FLUVIALI Silvano F. Dal Sasso, Alonso Pizarro, Salvatore Manfreda	125
EVALUATING THE ACCURACY OF REGIONAL AND EUROPEAN GRIDDED PRECIPITATION PRODUCTS IN EMILIA-ROMAGNA: AN INDIRECT ASSESSMENT THROUGH RAINFALL-RUNOFF MODEL APPLICATION Gökhan Sarigil, Mattia Neri, Elena Toth	127
IL RUOLO DELLE PROPRIETÀ IDRAULICHE DEI MEZZI POROSI NEI SISTEMI DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILI: INDAGINI SPERIMENTALI ALL'INTERNO DEL PROGETTO URCA! Michele Turco, Anna Palla, Ilaria Gnecco, Marco Maglionico, Margherita Evangelisti, Francesca Cozzolino, Sara Todeschini, Giovanna Grossi, Arianna Dada, Alberto Paolo Campisano, Aurora Gullotta, Fabrizio Musmeci, Ruggero Ermini, Stefania Anna Palermo, Patrizia Piro	129
CORKDETECTIVE: UN SISTEMA DI MONITORAGGIO IN TEMPO REALE DELLA RETE PLUVIOMETRICA LIGURE Edoardo Rocca, Angelo Forestieri, Pierluigi Claps	131
DISTRIBUZIONE DELLA VELOCITÀ E FENOMENO DEL DIP IN CANALI NATURALI Marco Dionigi, Silvia Barbetta, Tommaso Moramarco	132
TETTI VERDI: PERCEZIONE E INTERESSE DEI CITTADINI Elena Cristiano, Roberto Deidda, Francesco Viola	133
ECO-POLDER ROOF MODEL: UN MODELLO ECOIDROLOGICO PER SIMULARE LA RISPOSTA IDROLOGICA DI TETTI VERDI MULTISTRATO Dario Pumo, Marcella Cannarozzo, Francesco Alongi, Leonardo V. Noto	134





# SESSIONE ORALE 1

13 settembre 2023 (15:00 - 16:45)

Aula Magna  
Campus UNIBAS  
Via Lanera, 20

## L'impatto delle alluvioni sugli edifici strategici

Gabriele Bertoli<sup>1</sup>, Chiara Arrighi<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA), Università degli Studi di Firenze, Firenze*

### *Sommario*

Gli edifici strategici, come ospedali e scuole, sono fondamentali per la comunità e in caso di calamità naturali la loro funzionalità deve essere garantita. Per quanto riguarda il rischio sismico sono disponibili codici e norme tecniche di costruzione dedicate agli edifici strategici. Mentre per il rischio idraulico, attualmente, non esistono specifiche linee guida o normative. Gli edifici strategici di nuova costruzione e i più recenti sorgono solitamente lontano dalla rete idrografica principale e possibilmente fuori dal perimetro delle aree di inondazione individuate nei PGRA (Piani di Gestione del Rischio Alluvioni). Questo comporta che la maggior parte degli edifici strategici sia costruita in prossimità della rete idrografica secondaria, solitamente meno conosciuta nel dettaglio e caratterizzata da bacini di piccole dimensioni, con risposte anche rapidissime agli eventi di precipitazione. Inoltre, spesso si trovano in aree fortemente urbanizzate, e in cui l'idrografia naturale è stata fortemente modificata ai fini dello sviluppo urbano. Ciononostante, gli edifici strategici sono raramente inclusi nelle analisi di vulnerabilità idraulica, limitandosi spesso solo alla loro individuazione nelle aree allagate. Vulnerabilità e danni sono raramente analizzati, soprattutto in merito all'aspetto riguardante gli impatti indiretti.

Lo studio si è basato su un'area di Firenze, dove un ospedale e un centro didattico dell'Università di Firenze sorgono sopra un torrente tombato, prossimi alla rete idrografica secondaria, e a valle di un insieme di piccoli sottobacini con tempi di risposta anche inferiori a un'ora. Il primo passo dello studio è stato quello di compiere un'analisi idrologica dell'area interessata, successivamente è stata realizzata la modellazione idraulica del torrente, in particolare del tratto tombato e del corso d'acqua in cui si immette. Particolare attenzione è stata dedicata alla valutazione degli impatti diretti e indiretti legati all'inondazione. Gli impatti diretti sono stati studiati partendo dall'acquisizione di tutti gli impianti e dei sistemi specifici degli edifici, formulando infine una curva di danno in funzione dell'altezza dell'acqua. Gli impatti indiretti e intangibili, che possono inasprire gli impatti dell'alluvione, sono stati attentamente studiati tenendo conto anche di fattori come l'accessibilità degli edifici durante e dopo l'evento alluvionale, il tempo previsto di interruzione del servizio, la fluttuazione del numero di persone previste nell'edificio durante l'evento. E ancora, le conseguenze dell'interruzione del servizio sulle persone e sulla collettività, l'impatto della stagionalità.

Lo studio si conclude con la proposta di una metodologia di analisi del rischio idraulico specifica per gli edifici strategici.

## L'impatto delle discontinuità strutturali sulla formazione delle brecce nei rilevati arginali in terra

Bianca Bonaccorsi<sup>1,2</sup>, Silvia Barbetta<sup>1</sup>, Giuseppe Tito Aronica<sup>2</sup>

(1) *Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Perugia*

(2) *Dipartimento di Ingegneria, Università di Messina, Messina*

### *Sommario*

Le alluvioni sono tra gli eventi calamitosi più frequenti in tutto il mondo con conseguenze molto pesanti sia in termini di danni economici che di perdita di vite umane. Tra le numerose misure di prevenzione attuate per ridurre la pericolosità e l'impatto sugli elementi esposti, le arginature in terra sono tra le misure strutturali maggiormente diffuse. Anche se correttamente progettati, gli argini in terra possono cedere a causa di diversi processi, con la formazione di brecce che causano estesi allagamenti nelle aree periferiali, spesso densamente antropizzate. Tra i meccanismi di cedimento, quelli maggiormente diffusi ed analizzati sono il processo di sormonto e di sifonamento (erosione interna) (Barbetta et al., 2017; Palladino et al., 2020; Simonini et al 2023). Il processo di filtrazione all'interno della struttura arginale è complesso da analizzare e prevedere, anche in sistemi arginali integri ed omogenei; inoltre, questo può essere pesantemente influenzato da condizioni locali che rendono la struttura non integra, come ad esempio discontinuità prodotte dall'attività degli animali fossori.

In tale contesto, il presente studio analizza la variazione nella vulnerabilità al sifonamento indotta negli argini di terra dalla presenza di discontinuità. Il metodo di indagine si basa su: (a) stima della vulnerabilità al sifonamento valutato per argini integri attraverso l'approccio di Barbetta et al. (2017); (b) quantificazione dell'effetto prodotto sulla vulnerabilità dalla presenza di discontinuità mediante l'uso del modello agli elementi finiti PLAXIS 3D.

L'analisi viene condotta assumendo come caso di studio la rotta arginale avvenuta lungo il Fiume Panaro durante l'evento di piena di dicembre 2020. In particolare, nella mattina del 6, in prossimità del transito del colmo di piena che non ha raggiunto la sommità del rilevato, si è determinata una breccia cui è seguito l'inondazione di un'ampia porzione di territorio tra le province di Modena e Bologna. La presenza di una o più tane attive o relitte è stato identificato come fattore predisponente più probabile che ha causato il cedimento.

### *Bibliografia*

Barbetta, S., Camici, S., Bertuccioli, P., Palladino, M. R., & Moramarco, T. (2017) Refinement of seepage vulnerability assessment for different flood magnitude in national levee database of Italy. *Hydrology Research*, 48(3), 763– 775.

Ceccato, F., & Simonini, P. (2023). The effect of heterogeneities and small cavities on levee failures: The case study of the Panaro levee breach (Italy) on 6 December 2020. *Journal of Flood Risk Management*, 16(2), e12882.

D'Oria, M., Maranzoni, A., & Mazzoleni, M. (2019). Probabilistic assessment of flood hazard due to levee breaches using fragility functions. *Water Resources Research*, 55.

Palladino, M.R., Barbetta, S., Camici, S., Claps, P., Moramarco, T. (2020) Impact of animal burrows on earthen levee body seepage. *Journal of Flood Risk Management*.

## Effetti del cambiamento climatico sugli eventi composti stress da calore ed inondazione

Dario Treppiedi<sup>1</sup>, Gabriele Villarini<sup>2</sup>, Leonardo Valerio Noto<sup>1</sup>

- (1) *Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italia*  
(2) *IHR – Hydroscience and Engineering, University of Iowa, Iowa City, USA*

### *Sommario*

Le ondate di calore e le alluvioni sono state ampiamente studiate a causa dei loro significativi impatti sociali ed economici, anche se, generalmente, in maniera disgiunta le une dalle altre. Tuttavia, alti valori di temperatura e umidità relativa, ossia possibili eventi estremi di stress da calore, possono essere premonitori di instabilità atmosferica, con incrementi di Convective Available Potential Energy (CAPE) e una maggiore quantità di acqua precipitabile in atmosfera (Zhang e Villarini, 2020), fattori che possono portare a eventi intensi di pioggia e, conseguentemente, ad un maggior rischio di fenomeni alluvionali. All'interno del presente studio è stato dimostrato che lo stress da caldo può essere responsabile di inondazioni in vaste aree del Nord e del Sud America, dell'Africa meridionale, dell'Asia e dell'Australia orientale. I risultati hanno inoltre evidenziato che la composizione di stress da calore e inondazioni è probabilmente destinata a peggiorare a causa del cambiamento climatico. Questo effetto si amplifica passando dagli scenari SSP 1-2.6 a 5-8.5. Inoltre, secondo quanto ottenuto dalle proiezioni future, si prevede che tale combinazione possa estendersi a vaste zone dell'Europa e della Russia, due aree in cui i due rischi sono risultati indipendenti durante il periodo storico utilizzato come riferimento. Inoltre, intersecando i risultati ottenuti con le proiezioni future della popolazione residente in agglomerati urbani, è stato verificato come la combinazione stress da calore/alluvioni possa rappresentare un serio rischio per un'ampia porzione della popolazione mondiale. Questi risultati evidenziano la necessità di migliorare la preparazione e le misure di mitigazione che tengano conto della natura composita dello stress da calore e delle inondazioni e del suo probabile sviluppo futuro.

### *Bibliografia*

Zhang, W. & Villarini, G. (2020). Deadly Compound Heat Stress-Flooding Hazard Across the Central United States. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL089185.

## Il contributo della fusione nivale alla formazione delle piene nelle Alpi

Paolo Colosio<sup>1</sup>, Massimo Tomirotti<sup>1</sup>, Roberto Ranzi<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica (DICATAM), Università degli Studi di Brescia, Brescia.*

### *Sommario*

Il contributo della fusione nivale alla formazione delle piene non viene sempre considerato con la dovuta attenzione nella stima delle portate al colmo e dei volumi da adottare per il progetto delle opere idrauliche o la mappatura della pericolosità idrologico-idraulica. Nella maggior parte dei casi, i metodi indiretti di stima della sollecitazione idrologica considerano solamente il contributo pluviometrico. L'effetto della fusione nivale si è però rivelato importante durante alcune delle alluvioni più catastrofiche dell'arco alpino, come quelle nel Triveneto nel settembre 1882 e novembre 1966, ma anche dei bacini appenninici come si ritiene sia avvenuto nel caso delle inondazioni della primavera 2023 in Emilia-Romagna.

Dopo alcune notazioni di carattere teorico viene stimato l'effetto che il manto nevoso ha avuto durante le due maggiori piene che hanno investito il bacino dell'Adige negli ultimi due secoli. Durante l'alluvione del novembre 1966 il contributo della fusione del manto nevoso accumulatosi nei giorni precedenti l'evento pluviometrico più intenso è stato stimato compreso tra il 9% e il 18%, a seconda del sottobacino tributario dell'Adige considerato. Nel settembre del 1882, il calo delle temperature massime, scese al di sotto degli 0°C oltre i 1600 m di quota durante il giorno di massima intensità delle precipitazioni, il 15 settembre, ha momentaneamente trattenuto al suolo sotto forma di neve parte delle copiose precipitazioni cadute durante l'evento, rese nuovamente disponibili per i deflussi a seguito del successivo aumento delle temperature di circa 4°C, che ha innalzato la quota dello zero termico di circa 600 m.

Nel lavoro vengono presentati i risultati di una analisi statistica dei massimi annuali calcolati sia considerando le sole precipitazioni di durata sub-giornaliera assegnata registrate ai pluviografi, sia aggiungendo a queste il contributo della fusione nivale stimata. Allo scopo sono stati elaborati i dati registrati alle stazioni pluviografiche lombarde dell'Aprica (1948 m s.l.m.) e di Pantano d'Avio (2108 m s.l.m.) e delle corrispondenti stazioni nivometriche nel periodo 1996-2022. I quantili stimati attraverso tre distribuzioni di probabilità diffuse nella pratica idrologica dell'analisi degli estremi (EV1, GEV e lognormale), includendo il contributo della fusione nivale, risultano mediamente dal 3 al 4% superiori a quelli stimati considerando le sole precipitazioni, per le varie durate e tempi di ritorno, e fino al 10% maggiori per le durate di 24 ore. Per entrambe le stazioni considerate, con riferimento alla durata di 24 ore, il contributo della fusione è stato superiore al 10% dell'altezza di precipitazione per i due maggiori eventi meteorici registrati nei ventisette anni di osservazione.

I successivi sviluppi di questo lavoro comprenderanno l'estensione del numero delle serie analizzate e l'inclusione di serie temporali più lunghe nel territorio oggetto di esame, elaborando anche i dati delle altezze di precipitazione e della contemporanea fusione nivale di più giorni consecutivi.

### *Bibliografia*

Anderson, E. A. (1968). Development and Testing of Snow Pack Energy Balance Equations. *Water Resources Research*, 4(1), 19-37.

Braithwaite, R.J., Hughes, P.D. (2022). Positive degree-day sums in the Alps: a direct link between glacier melt and international climate policy. *Journal of Glaciology* 68(271), 901-911.

- Cazorzi, F., Dalla Fontana, G. (1996). Snowmelt modelling by combining air temperature and a distributed radiation index. *Journal of Hydrology* 181, 169-187.
- Colosio, P. (2023). Climate change impact on the cryosphere: from local to global scale. PhD Thesis, University of Brescia.
- Dorigo, L. (1967). La piena dell'Adige del novembre 1966 con brevi cenni alle precedenti piene, Ufficio Idrografico del Magistrato delle Acque, Venezia.
- Eccel E., Cau P., Ranzi R. (2012). Data reconstruction and homogenization for reducing uncertainties in high-resolution climate analysis in Alpine regions. *Theoretical and Applied Climatology* 110 (3), 345-358.
- Fea, G., Gazzola, A., Cicala, A. (1968). Prima documentazione generale della situazione meteorologica relativa alla grande alluvione del novembre 1966. CNR-CENFAM PV 32, 215 pp., CNR Roma.
- Grossi, G., Lendvai A., Peretti G., R. Ranzi (2017). Snow Precipitation Measured by Gauges: Systematic Error Estimation and Data Series Correction in the Central Italian Alps. *Water* 9(7),461.
- Hock, R. (1998). Modelling of glacier melt and discharge. PhD Thesis, ETH Zurich.
- Male, D. H., Granger, R. J. (1981). Snow Surface Energy Exchange. *Water Resources Research* 17(3), 609-627.
- Malguzzi, P., Grossi, G., Buzzi, A., Ranzi, R., Buizza, R. (2006). The 1966 'century' flood in Italy: a meteorological and hydrological revisitation. *Journal of Geophysical Research* 111, D24106.
- Ranzi, R., Rosso, R. (1991). A physically based approach to modelling distributed snowmelt in a small alpine catchment. In: *Snow Hydrology and Forests in High Alpine Areas*, edited by H. Bergmann, H. Lang, W. Frey, D. Issler, B. Salm, IAHS Publ. no.205,141-150.
- Rigon, R., Bertoldi, G., Over, T.M. (2006). GEOtop: A distributed hydrological model with coupled water and energy budgets. *Journal of Hydrometeorology* 7, 371-388.

## Valutazione dell'impatto delle dighe sulle portate di piena

Stefano Cipollini<sup>1</sup>, Elena Volpi<sup>1</sup>, Aldo Fiori<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Informatica e delle Tecnologie Aeronautiche (DICITA), Università degli studi Roma Tre, Roma.*

### Sommario

La valutazione dell'impatto dei serbatoi artificiali sulle portate di piena è di fondamentale importanza per una corretta valutazione del rischio, per la progettazione di opere di difesa e, più in generale, per la pianificazione del territorio. La valutazione si basa tipicamente sulla simulazione idrologico-idraulica del sistema costituito dal bacino sotteso dalla sezione di interesse e dai serbatoi artificiali presenti a monte di essa. Questo approccio modellistico richiede generalmente un'elevata quantità di informazioni in ingresso e comporta un onere computazionale non trascurabile. In alternativa, esistono in letteratura alcuni semplici indici empirici di impatto che, con un onere decisamente inferiore, forniscono valutazioni di prima approssimazione dell'effetto dei serbatoi sulla distribuzione di probabilità delle portate di piena a valle di essi.

Recentemente è stato proposto in letteratura un metodo semplificato, ma fisicamente basato, che rappresenta un buon compromesso fra i due approcci descritti in precedenza. Basato sulla semplificazione di "bacino rettangolare" e sul concetto di "serbatoio equivalente", questo metodo consente di rappresentare l'effetto di numerosi serbatoi disposti in linea lungo l'asta principale di un corso d'acqua, con un onere d'informazione e tempo di calcolo richiesti decisamente contenuto (Cipollini et al., 2022).

Nel presente lavoro, si illustra l'estensione del "metodo del serbatoio equivalente" a bacini di forma qualsiasi, ottenuta rilassando l'ipotesi di disposizione in serie sull'asta principale, ossia assumendo che i serbatoi possano essere disposti in serie e in parallelo su tutto il reticolo idrografico (Cipollini et al., 2023). L'efficacia del metodo viene dimostrata rispetto ad una descrizione realistica della risposta del sistema bacino-serbatoi multipli basata sul concetto, anch'esso di nuova introduzione, di RIUH (*Reservoir-influenced Instantaneous Unit Hydrograph*). Si dimostra quindi la potenzialità dell'approccio proposto attraverso la simulazione numerica di numerose configurazioni di serbatoi multipli, variabili in termini di numerosità, di posizione sul reticolo e capacità d'invaso, in un bacino reale (bacino del Fiume Tevere chiuso alla stazione di Santa Lucia). L'errore medio di stima della riduzione del picco di piena, rispetto alla soluzione realistica fornita dall'applicazione del RIUH, risulta essere compreso fra il 3 e il 5%.

Si propone infine di rappresentare lungo il reticolo idrografico la riduzione del picco di piena rispetto alla condizione naturale ottenuta con il metodo del serbatoio equivalente; tale mappatura può costituire uno strumento efficace per la rappresentazione e comprensione del contributo di ciascun serbatoio alla riduzione delle portate di piena nella sezione di interesse.

### Bibliografia

Cipollini, S., Volpi, E., & Fiori, A. (2023). Toward a Catchment-Scale Assessment of Flood Peak Attenuation by Multiple Reservoirs. *Water Resources Research*, 59(2), e2022WR032821.

Cipollini, S., Fiori, A., & Volpi, E. (2022). A New Physically Based Index to Quantify the Impact of Multiple Reservoirs on Flood Frequency at the Catchment Scale Based on the Concept of Equivalent Reservoir. *Water Resources Research*, 58(2), e2021WR031470.

## Stima dei coefficienti di deflusso in piccoli bacini italiani mediante l'uso di dati storici

Giulia Evangelista<sup>1</sup>, Claudia Ruggeri<sup>1</sup>, Pierluigi Claps<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino.*

### *Sommario*

Il territorio italiano è spesso interessato dal verificarsi di eventi alluvionali molto localizzati nel tempo e nello spazio. Numerosi tra gli episodi alluvionali più gravi verificatisi di recente sono stati registrati in bacini di piccole dimensioni, nei quali la velocità delle correnti di piena è elevata, e quindi la rapida evoluzione del fenomeno non consente di trarre grandi benefici dal monitoraggio e dalla previsione idrometeorologica. In fase di ricostruzione delle caratteristiche degli eventi, insieme ai tempi di risposta del bacino, ci si interroga sulla modalità di caratterizzazione dell'assorbimento da parte del terreno, spesso riassunta nel valore del coefficiente di deflusso della formula razionale.

Per confrontare valori ricavati occasionalmente a scala di evento con quelli da utilizzare in ambito di progetto, si sono presi in considerazione ricostruzioni storiche ad ampia scala spaziale del coefficiente di deflusso empirico. Utilizzando dati riportati negli Annali Idrologici, ovvero gli estremi annuali di portata giornaliera e gli estremi di precipitazione giornaliera e sub-giornaliera sono stati calcolati coefficienti di deflusso empirici di eventi storici per 51 bacini in tutta Italia. I bacini indagati, per i quali sono disponibili almeno 15 anni di osservazioni, hanno un'area inferiore ai 100 km<sup>2</sup> ed una quota media inferiore ai 1000 m s.l.m.

La consultazione degli Annali ha consentito di acquisire il giorno ed il mese di registrazione dell'estremo pluviometrico e di portata e di verificarne la corrispondenza temporale. Laddove verificata la corrispondenza tra l'estremo di portata giornaliera e l'estremo di precipitazione sub-giornaliera (durate di 1 o 3 ore), il coefficiente di deflusso empirico è stato determinato attraverso la formula razionale. Qualora sia invece verificata la corrispondenza con l'estremo di precipitazione giornaliero, il calcolo è derivato dal bilanciamento dei volumi di afflusso e di deflusso.

Con i valori dei coefficienti di deflusso empirici così ottenuti si sono costruite relazioni con le caratteristiche geo-morfologiche dei bacini e con i dati di umidità del suolo antecedente all'evento, valutata considerando il totale di pioggia misurato nei 10 giorni precedenti alla data di registrazione della massima portata giornaliera.

## Misure di importanza nelle applicazioni idrologiche

Francesco Cappelli<sup>1</sup>, Andrea Petroselli<sup>2</sup>, Ciro Apollonio<sup>3</sup>, Flavia Tauro<sup>1</sup>, Salvatore Grimaldi<sup>1</sup>

(1) *Department for Innovation in Biological, Agro-Food and Forest Systems (DIBAF), Tuscia University, 01100, Viterbo, (VT), Italy.*

(2) *Department of Economics, Engineering, Society and Business (DEIM), Tuscia University, 01100, Viterbo, (VT), Italy.*

(3) *Department of Agriculture and Forest Sciences (DAFNE), Tuscia University, 01100 Viterbo (VT), Italy.*

### *Sommario*

In questa memoria si presentano alcune misure di importanza utili a discriminare il ruolo delle variabili in un sistema complesso che di recente sono state impiegate in diverse applicazioni idrologiche. Si descrive una potenziale applicazione per il caso di studio del bacino del fiume Tevere nell'ambito dei sistemi di preannuncio in tempo reale delle piene fluviali basato su tecniche di machine learning. In tale contesto sette misure di importanza (Conditional Permutation Feature Importance, Shapley feature importance, ALE-based feature importance, Variance-based sensitivity measure, Density-based sensitivity measure, Cumulative distribution-based sensitivity measure) sono utilizzate per selezionare i sotto-bacini più importanti relativamente alle prestazioni previsionali. I risultati ottenuti forniscono utili informazioni progettuali suggerendo quali sezioni di chiusura strumentare. Oltre a tale caso applicativo viene presentata un'analisi su dati sintetici per verificare quali delle misure disponibili in letteratura mostrano delle peculiarità adeguate alle applicazioni idrologiche.



# SESSIONE ORALE 2

13 settembre 2023 (17:15 - 19:00)

Aula Magna  
Campus UNIBAS  
Via Lanera, 20

## L'importanza dell'uso di misture nella stima dei valori di progetto di una grandezza

Francesco Napolitano<sup>1</sup>, Davide Luciano De Luca<sup>2</sup>(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA), Sapienza Università di Roma. E-mail: [francesco.napolitano@uniroma1.it](mailto:francesco.napolitano@uniroma1.it)*(2) *Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES), Università della Calabria, Arcavacata di Rende (CS). E-mail: [davide.deluca@unical.it](mailto:davide.deluca@unical.it)**Sommario*

La stima del valore di progetto di una grandezza di interesse è da sempre un argomento cruciale in ambito idrologico. Come ben noto, indicando con:

- $T$  il periodo di Ritorno;
- $\underline{C}$  il vettore dei dati storici della serie investigata, usualmente relativa a massimi annuali;
- $N$  la dimensione campionaria del vettore  $\underline{C}$ ;
- $F_X(\cdot)$  la distribuzione probabilistica teorica ipotizzata;
- $P$  la specifica tecnica adoperata per la stima dei parametri (Metodo dei Momenti, Metodo della Massima Verosimiglianza, ecc...);
- $x_T$  il valore "vero ma incognito" della grandezza di interesse di assegnato  $T$ ;
- $\hat{x}_T(\underline{C}, N, F_X(\cdot), P)$  la stima di  $x_T$ , funzione ovviamente di quanto elencato in precedenza,

e ipotizzando di disporre, per uno stesso sito, di un numero significativamente elevato di campioni (o realizzazioni), anche con differente dimensione campionaria tra i vettori di dati, la procedura di stima ottimale è caratterizzata dal valore minimo del Mean Square Error (MSE):

$$\begin{aligned} MSE &= E \left[ (\hat{x}_T(\underline{C}, N, F_X(\cdot), P) - x_T)^2 \right] = \\ &= Var[\hat{x}_T(\underline{C}, N, F_X(\cdot), P)] + (E[\hat{x}_T(\underline{C}, N, F_X(\cdot), P)] - x_T)^2 \end{aligned} \quad (1)$$

che, come indicato nell'Eq.(1), è possibile riscrivere, tramite semplici passaggi matematici, come somma della varianza di stima e dell'indicatore di *BIAS* elevato al quadrato.

Dunque, l'esigenza è quella di ottenere una stima  $\hat{x}_T(\cdot)$  indistorta e con varianza minima.

In letteratura, sono presenti numerosi esperimenti in cui si valutano le performance di diverse combinazioni  $F_X(\cdot) - P$  a partire da ipotizzati universi statistici per  $x_T$ . A riguardo, è possibile menzionare i lavori di Rossi et al. (1984), Arnell & Gabriele (1988), Gabriele & Arnell (1991), Ferrari & Versace (1994) e così via.

Nel presente lavoro si riprendono tali aspetti e:

- si indaga la potenziale influenza della stagionalità nella costruzione della distribuzione teorica  $F_X(\cdot)$  per i massimi annuali;
- si analizza la possibilità di aumentare la dimensione campionaria per un sito di interesse considerando le serie POT (Peak Over a Threshold, Pan et al., 2022), in alternativa a procedure di regionalizzazione delle serie dei massimi annuali;
- si evidenzia l'importanza di utilizzare misture di distribuzioni (particolarmente adatte per discriminare eventi "ordinari", più frequenti ma meno intensi, dagli "outliers", meno frequenti ma più intensi), e nello specifico la mistura di esponenziali per le serie POT, in quanto è in grado di riprodurre combinazioni di asimmetria-coefficiente di variazione derivanti anche da universi statistici più articolati e meno parsimoniosi (come la mistura di distribuzioni di Pareto Generalizzata).

Infine, si illustra il funzionamento di un software user-friendly, realizzato dagli autori, in grado di fornire in maniera speditiva, tramite l'ausilio di un abaco, la stima dei parametri della mistura di esponenziali (Fig. 1).

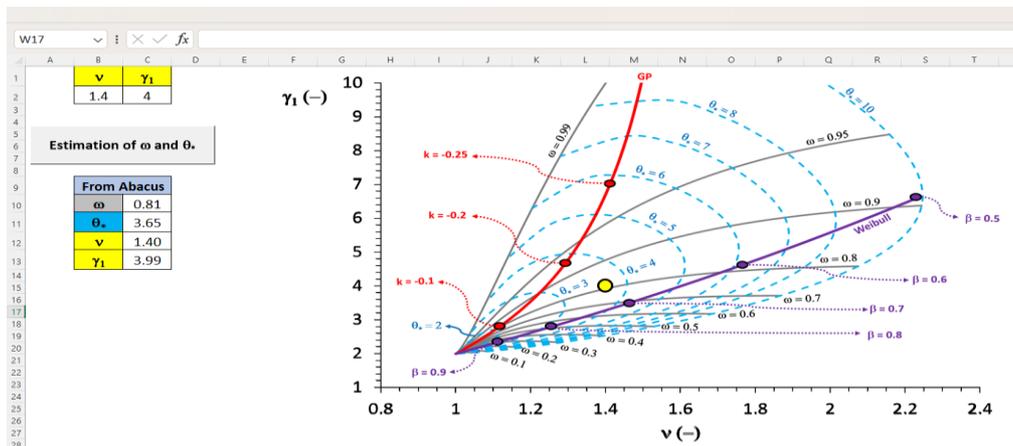


Figura 1. Schermate del software di stima parametrica, realizzato in ambiente Microsoft Excel con macro VBA (Visual Basic for Application).

### Bibliografia

Arnell N., Gabriele S. (1988). The performance of the Two Component Extreme Value distribution in regional flood frequency analysis. *Water Resour. Res.* 1988, 24, 879–887.

Ferrari E., Versace P. (1994). La Valutazione delle Piene in Italia. Rapporto di Sintesi GNDCI. [http://www.idrologia.polito.it/gndci/rapportiPdf/Vapi\\_Nazionale.pdf](http://www.idrologia.polito.it/gndci/rapportiPdf/Vapi_Nazionale.pdf)

Gabriele S., Arnell N. (1991). A hierarchical approach to regional flood frequency analysis. *Water Resour. Res.*, 27, 1281–1289.

Pan X., Rahman A., Haddad K., Ouarda T.B.M.J. (2022). Peaks-over-threshold model in flood frequency analysis: a scoping review. *Stoch Environ Res Risk Assess* 36, 2419–2435. <https://doi.org/10.1007/s00477-022-02174-6>

Rossi F., Fiorentino M., Versace, P. (1984). Two-component extreme value distribution for flood frequency analysis. *Water Resour. Res.*, 20(7), 847-856.

## Applicazione delle soglie pluviometriche Bayesiane al caso della Sieve

Daniela Biondi<sup>1</sup>, Aldo Greco<sup>1</sup>, Ezio Todini<sup>2</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES), Università della Calabria, Rende (CS).*

(2) *Presidente Onorario della Società Idrologica Italiana, Bologna*

### *Sommario*

Introdotta da Georgakakos (2005, 2006), le metodologie a “soglia pluviometrica” sono oramai ampiamente usate da vari servizi di protezione civile per la previsione speditiva della probabilità di alluvionamento di aree predeterminate (<https://www.weather.gov/serfc/ffg>) ed il conseguente allertamento, risultando particolarmente adatte ad aree caratterizzate da “flash floods”. L’uso delle soglie pluviometriche consente di evitare di far girare in tempo reale modelli di trasformazione afflussi deflussi, soprattutto quando si vogliono rapidamente stime di rischio alluvionale su piccoli bacini. Per far scattare l’allerta, i metodi a soglia pluviometrica si basano su un legame probabilistico sui volumi di pioggia previsti nelle successive 6,12,24, ... ore. Martina et al. (2006) hanno proposto un metodo Bayesiano per la stima del valore ottimale di soglia senza tuttavia tenere conto, come peraltro fanno anche tutti gli altri approcci, dell’incertezza associata alle previsioni, che in realtà può essere rilevante, soprattutto se basata su previsioni da modelli meteorologici.

In questo lavoro si vuole estendere per l’appunto l’approccio Bayesiano mostrando come sia possibile prendere in conto l’incertezza nella previsione dei volumi di pioggia per migliorare l’affidabilità del metodo. Per fare ciò si propone dapprima uno schema sintetico che comprovi l’asserto, a fronte di quantità note. Successivamente se ne mostra l’applicazione al caso della Sieve a Fornacina confrontando i risultati ottenuti con i casi limite:

- 1) limite superiore: nessuna allerta/sempre allerta;
- 2) limite inferiore: allerta in funzione della portata osservata (impossibile operativamente);
- 3) soglie Bayesiane: previsione effettuata senza tener conto dell’incertezza previsionale sulle piogge;
- 4) soglie Bayesiane: previsione effettuata tenendo conto dell’incertezza previsionale sulle piogge.

I risultati mostrano un significativo miglioramento nell’affidabilità riducendo il valore atteso dei possibili danni.

### *Bibliografia*

Georgakakos, K.P. (2005). Modern Operational Flash Flood Warning Systems Based on Flash Flood Guidance Theory: Performance Evaluation. Proc., Int. Conference on Innovation, Advances and Implementation of Flood Forecasting Technology, 9–13 October 2005, Bergen-Tromsø, Norway, pp. 1-10.

Georgakakos, K.P. (2006). Analytical Results for Operational Flash Flood Guidance. Journal of Hydrology, 317, 81-103.

Martina, M. L. V., Todini, E., Libralon, A. (2006). A Bayesian decision approach to rainfall thresholds based flood warning. Hydrol. Earth Syst. Sci., 10, 413–426.

## Real-time and offline hydro-meteorological tools for civil protection: the POLIMI research activity

Marco Mancini, Enrico Gambini, Giovanni Ravazzani, Alessandro Ceppi

*Department of Civil and Environmental Engineering (D.I.C.A.), Politecnico di Milano, Italy*

### *Sommario*

Non-structural risk mitigation tools such as civil protection alerts for citizens proves highly beneficial in minimizing the impacts linked to urban floods. Flood forecasting in highly urbanized areas represents a challenge due to complex and involved non-linear hydrological processes. In fact, flooding phenomena are more often observed not only to significant weather events, but also to less intense, but more frequent episodes which undermine the urban drainage system and its interconnections with the river network.

In this context, the research activity carried out by the Politecnico di Milano group over the "Hydraulic node of Milan" in northern Italy in the last decade is presented; in particular, two approaches have been implemented to monitor and forecast in real-time and offline hydro-meteorological events which often influence one of the most populated areas in Italy.

First, a real-time alert system has been developed to predict possible river floods for the Seveso, Olona and Lambro (SOL) catchments (northern Italy) 24-36 hours in advance with a technology based on the sequential functioning of hydrological, meteorological, hydraulic engineering calculation models, and their visualization on web-GIS.

The proposed flood warning system is, in fact, composed by a physically based and spatially distributed hydrological model for the rainfall-runoff transformation, fed by both observed and forecasted atmospheric forcings of various deterministic and probabilistic meteorological models such as the GFS, Bolam, Moloch, Cosmo-I2 and -5M, Cosmo-Leps, and WRF in order to set up a multi-model approach.

Second, empirical rainfall thresholds have been determined as the minimum area-averaged rainfall necessary to exceed the specific discharge warning threshold defined by the Regional Civil Protection Authority, and they were computed both considering observed rainfall only, and accounting for the antecedent moisture conditions as well using the proposed "equivalent rainfall" method, which is derived from a modification of the SCS-CN method.

Lastly, a decision support system has also been integrated in recent years with a real-time hydrological-hydraulics monitoring (MOCAP, an Italian acronym which stands for municipal monitoring for flood alerts), developed for the civil protection of the Bovisio-Masciago city, which is located along the Seveso River.

The proposed procedure demonstrates to be a complementary methodology in mitigating urban flood risks as a non-structural measure of flood warning system for civil protection purposes. In particular, coupling rainfall thresholds with available real-time flood forecasts can provide additional tools to the civil protection especially in cases of high uncertainty in the NWP forecasts, and eventually in the hydrological model response.

## AI-driven morphoclimatic regional frequency modelling of sub-daily rainfall-extremes

Aurelia Magnini<sup>1</sup>, Michele Lombardi<sup>2</sup>, Taha B. J. Ouarda<sup>3</sup>, Attilio Castellarin<sup>1</sup>

(1) *Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering (DICAM), University of Bologna, Bologna, Italy.*

(2) *Department of Computer Science and Engineering (DISI), University of Bologna, Bologna, Italy.*

(3) *Institut National de Recherche Scientifique (INRS), Quebec, Canada*

### *Abstract*

Regional frequency analysis (RFA) is widely used to estimate the rainfall depth associated with given duration and exceedance probability for locations where recorded timeseries are too short or not available. The literature reports on several RFA models of rainfall extremes (see e.g., Claps et al., 2020), nevertheless some major limitations are rather common. For example, most regional models specifically refer to a single duration or a single exceedance probability. Also, applicability of the regional model is often limited to a small-to-medium homogeneous region. Finally, the available gauged stations are usually filtered based on a minimum length of the measured timeseries. The amount of data discarded due to these aspects can be significant, which may locally decrease the accuracy of regional predictions.

In this study, unsupervised ensembles of artificial neural networks (ANNs) are used to set up four alternative RFA models of sub-daily rainfall extremes. These are fed with annual maximum series of rainfall depth of any length collected at 2238 raingauges in Northern Italy (i.e., I<sup>2</sup>-RED dataset, see Mazzoglio et al., 2020), which is a large and climatically and morphologically heterogeneous region. Our models can predict parameters of a Gumbel distribution for any location within the study area and any duration in the 1-24 hours range. Prediction is based on twenty morphoclimatic descriptors, which are used as covariates and include geographic coordinates, mean annual precipitation (MAP), distance from the coast and a description of orographic barriers. Validation is performed over an independent set of 100 gauges, where locally fitted Gumbel distributions are used as reference. Our results show that ANNs exploiting multiple morphoclimatic descriptors remarkably improve the estimation of percentiles of rainfall extremes relative to a reference approach using MAP as a proxy for the frequency regime of rainfall annual maxima (Di Baldassarre et al., 2006). Moreover, the very nature of our models makes them suitable for interpolating the predictions across time-aggregation intervals, in the 1-24h range, and in space, in a large study area, which are very interesting features for future applications RFA of rainfall extremes.

### *References*

Claps, P., Ganora, D., Mazzoglio, P. (2022). Rainfall regionalization techniques, in: Rainfall. Elsevier, pp. 327–350. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822544-8.00013-5>.

Mazzoglio, P., Butera, I., Claps, P. (2020). I2-RED: A Massive Update and Quality Control of the Italian Annual Extreme Rainfall Dataset. *Water* 12, 3308. <https://doi.org/10.3390/w12123308>.

Di Baldassarre, G., Castellarin, A., Brath, A. (2006). Relationships between statistics of rainfall extremes and mean annual precipitation: an application for design-storm estimation in northern central Italy. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 10, 589–601. <https://doi.org/10.5194/hess-10-589-2006>.

## Integrazione di una mappatura ad alta risoluzione dei gradienti orografici nella stima della precipitazione di progetto

Paola Mazzoglio<sup>1</sup>, Ilaria Butera<sup>1</sup>, Pierluigi Claps<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI), Politecnico di Torino, Torino.*

### *Sommario*

Una stima robusta ed affidabile dei quantili di precipitazione con elevato periodo di ritorno è particolarmente impegnativa in aree a bassa densità di strumenti di misura e con orografia complessa. In questo lavoro, condotto selezionando l'Italia come caso di studio, abbiamo affrontato questo argomento esplorando la variabilità spaziale degli estremi di pioggia e considerando l'influenza dei gradienti orografici locali.

L'Improved Italian – Rainfall Extreme Dataset (o I<sup>2</sup>-RED), una raccolta di massimi annui di precipitazione di breve durata (da 1 a 24 ore) misurati dal 1916 ad oggi da più di 5000 pluviometri (Mazzoglio et al., 2020) ha permesso di estrarre circa 3800 serie storiche di almeno 10 anni per stimare la pioggia indice. Il nostro approccio ha incorporato un modello di regressione locale fra pioggia indice e quota in ogni cella della griglia di 1 km utilizzata per segmentare l'Italia (Mazzoglio et al., 2023). In questo lavoro abbiamo affrontato sfide legate, ad esempio, alla forte variabilità spaziale della densità delle osservazioni e alla difficoltà nel fornire una stima affidabile in situazioni caratterizzate da estrapolazione (sia in alta che in bassa quota). A tali sfide la metodologia risponde suggerendo di determinare i gradienti con regressioni locali, con dominio spaziale variabile a seconda della densità e procedendo al calcolo solo se è garantito un dislivello minimo fra i pluviometri del campione.

L'applicazione di questo modello ha consentito la generazione di mappe delle medie degli estremi con una risoluzione di 1 km, che consente di tener conto di effetti topografici locali. Tale analisi ha rivelato un gradiente orografico prevalentemente negativo per estremi di 1 ora in vaste aree montuose, mentre gli estremi delle precipitazioni di durata pari a 24 ore tipicamente mostrano gradienti orografici positivi, con poche eccezioni nelle regioni montuose. Questi risultati sono in linea con studi precedenti condotti in aree più piccole.

Le mappe così calcolate sono utilizzate come modello di input per l'applicazione di una versione aggiornata del patched kriging (Libertino et al., 2018), al fine di ricostruire gli estremi di precipitazione su vaste aree coincidenti con Distretti Idrografici. Tale metodologia consiste in un'applicazione sequenziale, anno per anno, di un regression kriging, al fine di ricostruire mappe di estremi da utilizzare per la stima della precipitazione di progetto.

### *Bibliografia*

Libertino, A., Allamano, P., Laio, F., Claps P. (2018). Regional-scale analysis of extreme precipitation from short and fragmented records. *Advances in Water Resources*, 112, 147-159.

Mazzoglio, P., Butera, I., Claps, P. (2020). I<sup>2</sup>-RED: a massive update and quality control of the Italian annual extreme rainfall dataset. *Water*, 12, 3308.

Mazzoglio, P., Butera, I., Claps, P. (2023). A local regression approach to analyze the orographic effect on the spatial variability of sub-daily rainfall annual maxima. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 14(1), 2205000.

## Estimation of projected changes on sub-daily precipitation extremes from a convection-permitting multi-model ensemble

Eleonora Dallan<sup>1</sup>, Francesco Marra<sup>2,3</sup>, Giorgia Fosser<sup>4</sup>, Marco Marani<sup>5</sup>, Marco Borga<sup>1</sup>

- (1) *Department of Land Environment Agriculture and Forestry, University of Padova, Padova, Italy*
- (2) *Department of Geosciences, University of Padova, Italy*
- (3) *National Research Council of Italy - Institute of Atmospheric Sciences and Climate (CNR-ISAC), Bologna, Italy*
- (4) *University School for Advanced Studies - IUSS Pavia, Pavia, Italy*
- (5) *Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering, University of Padova, Padova, Italy*

### *Sommario*

The improvement of geohydrological risk management in a warming climate requires reliable estimates of future changes in precipitation extremes at sub-daily temporal scales. This is particularly true in mountainous regions and urban areas as they are vulnerable to natural hazards triggered by short-duration extreme precipitation. The km-scale climate models, called convection-permitting (CPMs), provide a more realistic representation of convective precipitation processes even in complex-orography areas, leading to a better representation of extreme sub-daily precipitation with respect to coarser resolution regional models. Due the high computational costs, the CPM simulations commonly cover just 10-20 years, thus preventing the use of classical extreme value approaches for the estimation of rare events (i.e. with low exceedance probability). Some novel not-asymptotic Metastatistical Extreme Value approaches have proven their ability of providing rare return level estimates with low stochastic uncertainty even from short records. Here, we use the Simplified Metastatistical Extreme Value distribution (SMEV), recently successfully applied to CPMs, to derive future projections of extreme return levels of sub-daily precipitation in a complex-orography region using an ensemble of CPM simulations.

We focus on a wide area covering North Italy, characterized by lowlands and high mountains (the Italian Alps). We apply SMEV to 4 members of the CPM ensemble CORDEX-FPS (spatial resolution ~3 km, 8.5 RCP scenario) for three times-slices (historical, 1996-2005, near future, 2041-2050, and far future, 2090-2099), and estimates return levels of 1 to 24 h precipitation up to 1% yearly exceedance probability (100yr return time). We evaluate the future changes in return period and their statistical significance.

The spatial patterns of the future changes depend on the examined duration and time slice (near versus far future). By exploiting the ability of SMEV to separate intensity distribution and occurrence of the rainfall events, we estimate the future changes in the distribution parameters to provide a physical interpretation of the changes in the return levels.

These results provide reliable and useful information for risk management stakeholders.

## Changes in intense precipitation in Friuli-Venezia Giulia

Elisa Arnone<sup>1</sup>, Veronica Zoratti<sup>1</sup>, Dario Treppiedi<sup>2</sup>, Leonardo V. Noto<sup>2</sup>

(1) *Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura (DPIA), Università degli Studi di Udine, Udine.*

(2) *Dipartimento di Ingegneria (DI), Università degli Studi di Palermo, Palermo.*

### *Sommario*

This study investigates the changes in sub-hourly precipitation of the Friuli Venezia Giulia (FVG) region, located in the northeastern part of Italy. Variations in the regime of extreme precipitation have been widely screened across the whole country (Caporali et al., 2021), mainly in terms of annual maxima rainfall series at fixed hourly durations (e.g. Libertino et al., 2019). In this work, we analyze continuous sub-hourly series at 1 minute and 5 minutes of recording frequency.

The required dataset has been retrieved from the web-platform named "OMNIA" (<http://omnia.meteo.fvg.it>), developed by the regional agency OSMER ARPA-FVG (OSservatorio MEteorologico Regionale-Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente). The analysed dataset is a subset of the ground rain-gauges network of the FVG region, which consists of more than 200 ground stations managed by the regional Civil Protection Agency. The process of check, correction and validation of data quality was carried out in a previous effort, described in Arnone et al., (2022). Specifically, the continuous series were cleaned up by means a simple method (Arnone et al., 2023) that allows to remove suspicious outliers and recurring values based on the comparison with data at 60 mins that are validated by the OSMER agency.

Trends in sub-hourly data are investigated by adopting a Quantile Regression (QR, Koenker, 2005), which allows to screen continuous time-series exceeding selected quantiles and to assess precipitation regression with time. The QR is an extension of the standard linear regression model that allows to perform a regression on different quantiles instead of only on the mean, by inspecting at different the tail of the rainfall distribution (Treppiedi et al., 2021). Here the values of 0.2, 0.5, 0.90, and 0.99 quantiles are considered.

We show here the preliminary results of the regional analyses applied to the entire rain gauge network. The results demonstrate that significant trends are observed across the entire regions, either increasing and decreasing. As an example, significantly increasing trends (5% significant level) for different durations (e.g. from 20 minutes to 24 hour) have been observed both at Lignano Sabbiadoro and Musi, located along the coast of the Adriatic Sea and on the eastern Alpine strip. Whereas, decreasing trends were observed only for the very short durations, i.e. 5 and 10 minutes at Udine, located in the in the middle of a plain area.

At regional scale, it was observed that a significant number of rain gauge stations (~40%) show a decreasing significant trend in the low quantile precipitation (0.2), regardless the duration. The highest occurrence is observed for the very short duration (5 min). As the quantile increases, the occurrence of decreasing trend decreases with the duration. An opposite behavior was observed for the occurrence of the increasing trends.

### *Keywords*

Climate-change, precipitation, quantile-regression, trend.

*Acknowledgments*

This study has been supported by the inter-departmental project ESPeRT (Energia, Sostenibilità dei Processi produttivi e Resilienza Territoriale per la Transizione ecologica), "Piano strategico Università degli Studi di Udine 2022-2025".

*Bibliografia*

Arnone A, Treppiedi D, Noto LV (2022) High-resolution rain analysis in FVG, Northeastern Italy. Proceeding of XIth Scientific Assembly of the International Association of Hydrological Sciences (IAHS 2022), Montpellier, France, 35, 29 May–3 June 2022. IAHS2022-177, <https://doi.org/10.5194/iahs2022-177>.

Caporali E, Lompi M, Pacetti T, Chiarello V, and Fatichi S (2021) A review of studies on observed precipitation trends in Italy. *Int. J. Climatol.*, 41, E1–25, TS7. <https://doi.org/10.1002/joc.6741>

Koenker, R (2005). *Quantile Regression*, Cambridge University Press, Cambridge, ISBN 9780511754098. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511754098>

Libertino A, Ganora D, Claps P (2019). Evidence for increasing rainfall extremes remains elusive at large spatial scales: The case of Italy. *Geophysical Research Letters*, 46: 7437– 7446. <https://doi.org/10.1029/2019GL083371>

Treppiedi D, Cipolla G, Francipane A, and Noto LV (2021) Detecting precipitation trend using a multiscale approach based on quantile regression over a Mediterranean area. *Int. J. Climatol.* 35 (41): 5938–5955. <https://doi.org/10.1002/joc.7161>





# SESSIONE ORALE 3

14 settembre 2023 (8:45 - 10:00)

Aula Magna  
Campus UNIBAS  
Via Lanera, 20

## Rapporto tra suolo e processi idrologici. Chi domina e chi è dominato?

Fabrizio Fenicia<sup>1</sup>, Hongkai Gao<sup>2</sup>, Hubert Savenije<sup>3</sup>

- (1) *Eawag, Svizzera*
- (2) *East China Normal University, Cina*
- (3) *Delft University of Technology, Paesi Bassi*

### *Sommario*

Un'ipotesi basilare dell'idrologia è che le proprietà idrauliche del suolo abbiano un ruolo determinante nel controllare i processi idrologici a scala di bacino. In particolare, si considera che il suolo determini il contenuto idrico che alimenta la vegetazione, e controlli flussi come lo scorrimento superficiale, il movimento dell'acqua nella zona insatura, e la percolazione profonda sotto la zona delle radici. Questa interpretazione alimenta la percezione che un modello idrologico a base fisica non possa che basarsi su una rappresentazione dettagliata del suolo, il che richiede grandi quantità di dati, e ingenti capacità computazionali. In quest'ottica, i modelli che aggregano i processi a scale maggiori, e quindi semplificano od omettono la dipendenza dei processi idrologici dalle proprietà del suolo, sebbene di uso comune, vengono considerati una sorta di compromesso tra realismo e praticità.

Qui si propone una prospettiva che si discosta dalla visione del suolo come dominus dei processi idrologici, sostenendo il contrario, e cioè che siano i processi idrologici, mediati dall'ecosistema, a determinare le proprietà del suolo. Secondo questa visione, l'ecosistema determina il suo fabbisogno idrico, e adotta delle strategie proattive per la gestione dell'acqua. In particolare, le proprietà del suolo, vengono manipolate dall'ecosistema nel corso del suo processo di adattamento alle specifiche condizioni locali, determinate in primo luogo dal clima. Una conseguenza di questa prospettiva è che i modelli idrologici a scala di bacino non debbano considerare le proprietà del suolo per simulare i processi idrologici, senza per questo compromettere la loro base fisica, che deve ricercarsi all'interno di un approccio ecosistemico alla gestione delle risorse idriche.

A sostegno di questa tesi, si illustra come le proprietà del suolo abbiano un'influenza marginale sulle caratteristiche delle portate fluviali, e si dimostra un approccio per stimare parametri rilevanti alla ripartizione della precipitazione tra evaporazione deflusso nei modelli idrologici, che si basa prevalentemente su dati climatici. Si suggerisce che l'avanzamento della comprensione delle strategie di gestione dell'acqua dell'ecosistema sia la chiave per costruire teorie idrologiche più realistiche e modelli di bacino che siano predittivi in vista del cambiamento ambientale.

## Stima della fractional vegetation cover a differenti scale spaziali

Dario De Caro<sup>1</sup>, Matteo Ippolito<sup>1</sup>, Fulvio Capodici<sup>1</sup>, Giuseppe Ciraoło<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria (DI), Università degli Studi di Palermo, Palermo.*

### *Sommario*

La Fractional Vegetation Cover (FVC) è una variabile descrittiva del sistema suolo-vegetazione. È spesso considerata una variabile chiave di input in modelli biofisici per la stima dell'evaporazione, della traspirazione e della fotosintesi (Barlage e Zeng, 2004; Arneeth, 2015). Pereira et al. (2020) hanno derivato e validato la previsione del coefficiente colturale basale ( $K_{cb}$ ) mediante l'utilizzo proprio della FVC, dell'altezza della coltura in esame, di dati climatici e anche mediante l'uso di immagini telerilevate. Masselli et al. (2014) hanno utilizzato la FVC per valutare l'evapotraspirazione effettiva.

La definizione canonica della FVC è la percentuale dell'area di vegetazione proiettata verticalmente (comprese foglie, steli e rami) all'interno di un'area di interesse. Con l'avvento dell'uso del telerilevamento si è introdotto il concetto di FVC di pixel. Il telerilevamento fornisce sicuramente il modo più efficiente per ricavare la FVC a differenti scale spaziali.

Diversi autori hanno dimostrato che la FVC è correlata a indici di vegetazione mediante funzioni diverse (Li et al. 2005; Jiang et al., 2006).

Come mostrato da Baret et al. (1995) e confermato da Carlson e Ripley (1997), esiste una buona relazione tra FVC e il Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Rouse et al. 1974).

Tra tutti i metodi di stima, il modello di correlazione lineare è stato quello ampiamente applicato (Zeng et al., 2000; Montandon e Small, 2008; Zhang et al. al., 2013).

Il presente lavoro esplora l'influenza della risoluzione geometrica delle immagini telerilevate nel legame tra l'indice di vegetazione NDVI e la FVC per una coltura arborea mediterranea.

La sperimentazione è stata condotta nel sud ovest della Sicilia, all'interno del consorzio irriguo 1A ex-Agrigento 3, vicino la città di Castelvetro (TP). Sono stati analizzati degli uliveti (cv. "Nocellara del Belice") appartenenti al consorzio irriguo suddetto e caratterizzati da diverse caratteristiche geometriche di impianto (spaziatura tra gli alberi ed età di impianto).

I dati remoti considerati includono: dati satellitari quali le immagini Landsat-8, Sentinel-2 e Planet; dati da proximity sensing acquisiti da una MCA-II multispectral camera (TETRACAM Inc.: Chatsworth, CA, USA) a bordo di un pallone frenato riempito di elio.

I risultati mostrano che le migliori performance vengono ottenute quando l'analisi viene condotta a una scala moderata.

### *Parole chiave*

- Fractional Vegetation Cover (FVC);
- Remote sensing;
- NDVI;
- Fattore di scala.

*Bibliografia*

- Arneth, A. (2015). Climate science: uncertain future for vegetation cover. *Nature* 524, 44–45.
- Baret, F., Clevers, J., Steven, M. (1995). The Robustness of Canopy Gap Fraction Estimates from Red and Near-Infrared Reflectances: A Comparison of Approaches. *Remote Sensing of Environment* 54 (2): 141–151. [doi:10.1016/0034-4257\(95\)00136-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(95)00136-0)
- Barlage, M., Zeng, X. (2004). The effects of observed fractional vegetation cover on the land surface climatology of the community land model. *J. Hydrometeorol.* 5, 823–830.
- Carlson, T. N., Ripley, D. A. (1997). On the Relation between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and Leaf Area Index. *Remote Sensing of Environment* 62 (3): 241–252. [doi:10.1016/S0034-4257\(97\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1)
- Jiang, Z., Huete, A.R., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G., Zhang, X. (2006). Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sens. Environ.* 101, 366–378.
- Li, X.B., Chen, Y., Yang, H., Zhang, Y. (2005). Improvement, Comparison, and Application of Field Measurement Methods for Grassland Vegetation Fractional Coverage. *Journal of Integrative Plant Biology* 47 (9): 1074–1083. [doi:10.1111/j.1744-7909.2005.00134.x](https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2005.00134.x)
- Maselli, F., Papale, D., Chiesi M., Matteucci, G., Angeli, L., Raschi, A., Seufert, G. (2014). Operational monitoring of daily evapotranspiration by the combination of MODIS NDVI and ground meteorological data: Application and evaluation in Central Italy, *Remote Sensing of Environment*, Volume 152, 2014, Pages 279-290, ISSN 0034-4257. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.06.021>
- Montandon, L.M., Small, E.E. (2008). The impact of soil reflectance on the quantification of the green vegetation fraction from NDVI. *Remote Sens. Environ.* 112, 1835–1845.
- Pereira, L.S., Paredes, P., Melton, F., Johnson, L., Wang, T., López-Urrea, R., Cancela J.J., Allen R.G. (2020). Prediction of crop coefficients from fraction of ground cover and height. Background and validation using ground and remote sensing data, *Agricultural Water Management*, Volume 241, 2020, 106197, ISSN 0378-3774. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106197>
- Rouse, J., Haas, R., Schell, J., Deering, D. (1974). Monitoring vegetation systems in the great plains with erts. In: *Proceedings of the third earth resources technology satellite-1 symposium*. NASA SP-351, pp. 301–317.
- Zeng, X., Dickinson, R.E., Walker, A., Shaikh, M., DeFries, R.S., Qi, J. (2000). Derivation and evaluation of global 1 km fractional vegetation cover data for land modeling. *J. Appl. Meteorol.* 39, 826–839.
- Zhang, X., Liao, C., Li, J., Sun, Q. (2013). Fractional vegetation cover estimation in arid and semi-arid environments using HJ-1 satellite hyperspectral data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 21, 506–512.

## Dinamiche e origine stagionale dell'acqua nel sistema suolo-pianta-atmosfera di una prateria di alta quota in Valle d'Aosta

Alessio Gentile<sup>1</sup>, Davide Gisolo<sup>1</sup>, Davide Canone<sup>1</sup> e Stefano Ferraris<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST), Politecnico e Università degli Studi di Torino, viale Mattioli 39, 10125 Torino (TO), Italy*

### *Sommario*

Gli isotopi stabili dell'acqua svolgono un ruolo cruciale nella comprensione dei processi eco-idrologici nelle praterie di montagna ad alta quota, dove i percorsi e le velocità dell'acqua sono poco conosciuti e la disponibilità di dati è limitata. A tal proposito, i modelli numerici possono essere un valido strumento per investigare il flusso dell'acqua e il trasporto di soluti nel profilo di suolo.

Questo studio esplora l'applicazione di HYDRUS-1D (H-1D), un modello numerico ampiamente utilizzato che considera fattori quali precipitazione, evapotraspirazione potenziale, proprietà del suolo e della pianta per simulare il flusso d'acqua e il trasporto di soluti nel sistema suolo-pianta-atmosfera.

I nostri risultati rivelano la capacità di H-1D di simulare accuratamente l'umidità del suolo, l'evapotraspirazione effettiva e la dinamica degli isotopi in una prateria di montagna situata presso il Colle del Nivolet (Valle d'Aosta, Italia). Nonostante le incertezze relative all'input temporale/spaziale dell'infiltrazione durante la fusione nivale e quelle relative alla sua composizione isotopica, H-1D fornisce preziose informazioni sulla dinamica e sull'origine stagionale dell'acqua all'interno del sistema.

L'origine invernale del flusso che si verifica al limite inferiore del profilo del suolo e l'origine estiva dell'acqua traspirata dalle piante sono coerenti con l'origine stagionale dell'acqua di una sorgente monitorata nel sito di studio e con l'origine stagionale dell'acqua xilematica, rispettivamente.

Questo risultato fa avanzare la conoscenza dei processi eco-idrologici in questo ambiente d'alta quota, i quali sono probabilmente validi per molti altri siti con caratteristiche simili.

### *Bibliografia*

Allen, S. T., Kirchner, J. W., Braun, S., Siegwolf, R. T. W., and Goldsmith, G. R.: Seasonal origins of soil water used by trees, *Hydrology and Earth System Sciences*, 23, 1199–1210, <https://doi.org/10.5194/hess-23-1199-2019>, 2019a.

Allen, S. T., Freyberg, J. von, Weiler, M., Goldsmith, G. R., and Kirchner, J. W.: The Seasonal Origins of Streamwater in Switzerland, *Geophysical Research Letters*, 46, 10425–10434, <https://doi.org/10.1029/2019GL084552>, 2019b.

Benettin, P., Volkmann, T. H. M., von Freyberg, J., Frentress, J., Penna, D., Dawson, T. E., and Kirchner, J. W.: Effects of climatic seasonality on the isotopic composition of evaporating soil waters, *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 2881–2890, <https://doi.org/10.5194/hess-22-2881-2018>, 2018.

Ceperley, N., Zuecco, G., Beria, H., Carturan, L., Michelon, A., Penna, D., Larsen, J., and Schaefli, B.: Seasonal snow cover decreases young water fractions in high Alpine catchments, *Hydrological Processes*, 34, 4794–4813, <https://doi.org/10.1002/hyp.13937>, 2020.

von Freyberg, J., Allen, S. T., Grossiord, C., and Dawson, T. E.: Plant and root-zone water isotopes are difficult to measure, explain, and predict: Some practical recommendations for determining plant water sources, *Methods in Ecology and Evolution*, 11, 1352–1367, <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13461>, 2020.

McDonnell, J. J.: The two water worlds hypothesis: ecohydrological separation of water between streams and trees?, *WIREs Water*, 1, 323–329, <https://doi.org/10.1002/wat2.1027>, 2014.

Millar, C., Janzen, K., Nehemy, M. F., Koehler, G., Hervé-Fernández, P., Wang, H., Orlowski, N., Barbeta, A., and McDonnell, J. J.: On the urgent need for standardization in isotope-based ecohydrological investigations, *Hydrological Processes*, 36, e14698, <https://doi.org/10.1002/hyp.14698>, 2022.

Nasta, P. and Gates, J. B.: Plot-scale modeling of soil water dynamics and impacts of drought conditions beneath rainfed maize in Eastern Nebraska, *Agricultural Water Management*, 128, 120–130, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.06.021>, 2013.

Orlowski, N., Breuer, L., and McDonnell, J. J.: Critical issues with cryogenic extraction of soil water for stable isotope analysis, *Ecohydrology*, 9, 1–5, <https://doi.org/10.1002/eco.1722>, 2016a.

Orlowski, N., Pratt, D. L., and McDonnell, J. J.: Intercomparison of soil pore water extraction methods for stable isotope analysis, *Hydrological Processes*, 30, 3434–3449, <https://doi.org/10.1002/hyp.10870>, 2016b.

Orlowski, N., Breuer, L., Angeli, N., Boeckx, P., Brumbt, C., Cook, C. S., Dubbert, M., Dyckmans, J., Gallagher, B., Gralher, B., Herbstritt, B., Hervé-Fernández, P., Hissler, C., Koeniger, P., Legout, A., Macdonald, C. J., Oyarzún, C., Redelstein, R., Seidler, C., Siegwolf, R., Stumpp, C., Thomsen, S., Weiler, M., Werner, C., and McDonnell, J. J.: Inter-laboratory comparison of cryogenic water extraction systems for stable isotope analysis of soil water, *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 3619–3637, <https://doi.org/10.5194/hess-22-3619-2018>, 2018.

Ravazzani, G., Corbari, C., Morella, S., Gianoli, P., and Mancini, M.: Modified Hargreaves-Samani Equation for the Assessment of Reference Evapotranspiration in Alpine River Basins, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138, 592–599, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000453](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000453), 2012.

Scandellari, F.: Gli isotopi stabili nell'acqua fra suolo, pianta e atmosfera, *Italus Hortus*, 51–67, <https://doi.org/10.26353/j.itahort/2017.2.5167>, 2018.

## Avanzamenti nello studio della relazione tra la dinamica del piano di flusso nullo e i flussi di massa in suoli prони all'arricchimento di metalli

Marco Peli<sup>1</sup>, Martina Siena<sup>2</sup>, Stefano Barontini<sup>1</sup>, Monica Riva<sup>2</sup>, Roberto Ranzi<sup>1</sup>

(1) *DICATAM, Università degli Studi di Brescia, Brescia.*

(2) *DICA, Politecnico di Milano, Milano.*

### *Sommario*

Introdotta nella discussione scientifica internazionale come *static zone* (Richards, 1954) e noto oggi come *zero flux plane*, il piano di flusso nullo (PFN) è la superficie, in prima approssimazione planare, che insorge in un terreno completamente bagnato in cui si verificano simultaneamente evaporazione e drenaggio. Il PFN separa la zona con flusso d'acqua verso l'alto da quella con flusso d'acqua verso il basso. Lo studio del processo di insorgenza, approfondimento ed esaurimento del PFN è fondamentale per la comprensione della redistribuzione dell'acqua nel suolo, per la stima dei termini di evapotraspirazione e di ricarica delle falde.

Questo contributo propone un aggiornamento sulle attività di PROFILES, progetto vincitore del Premio Florisa Melone 2019 dedicato all'approfondimento della conoscenza dei legami tra le dinamiche del contenuto d'acqua, e del PFN in particolare, e la distribuzione verticale del contenuto di metalli lungo il profilo di suolo. Per indagare questa relazione abbiamo analizzato il caso di studio di Bagnolo Mella (BS), cittadina di pianura a circa 15 km a sud di Brescia, sede dal 1974 al 2015 di un impianto per la produzione di ferroleghie posto a ridosso della zona residenziale.

Precedenti lavori (Peli et al., 2022 e Peli et al., 2021) hanno corroborato la congettura secondo cui il flusso degli elementi idrodispersibili e del contenuto d'acqua del suolo siano legati tramite il processo di innesco ed evoluzione del PFN. Qui si propone un aggiornamento sulle attività sperimentali e numeriche del progetto.

Considerando tre siti prони all'arricchimento di metalli ma in posizioni diverse rispetto all'impianto produttivo, abbiamo svolto simulazioni di lunga durata del bilancio di contenuto d'acqua e di massa di manganese (Mn), elemento caratteristico della produzione di ferroleghie che tipicamente ricade al suolo come sottoprodotto industriale insolubile e non reattivo.

La stratigrafia dei siti è stata ricostruita con una procedura di interpolazione basata su kriging a indicatori, utilizzando 17 rilievi stratigrafici esistenti sul territorio. I parametri del modello di van Genuchten—Mualem sono stati stimati tramite il software Rosetta (Schaap et al., 2001) e corretti per la presenza di materiale grossolano. La conducibilità idraulica a saturazione e il sorptive number sono stati stimati per lo strato di terreno vegetale superficiale con un infiltrometro a tensione.

Usando HYDRUS-1D (Simunek et al., 2008) sono stati descritti i processi di arricchimento (su 40 anni) e redistribuzione del metallo (sui successivi 80 anni) riproducendo i cinque anni di condizioni al bordo disponibili, sia in assenza di radici (fissando la domanda evapotraspirativa al bordo superiore) che in presenza di radici. Nel primo caso la distribuzione di probabilità del PFN risulta posizionarsi più in profondità, mentre nel secondo caso essa rimane più in alto, seppure con outliers più profondi legati al fatto che il terreno superficiale non si asciughi.

In entrambi i casi il contenuto di metalli simulato, che risulta poco condizionato dalla presenza di radici, rimane entro la profondità di terreno ispezionata dal piano di flusso nullo. Il confronto con i profili di elementi misurati in campo ha permesso di formulare considerazioni interessanti sulla natura dei siti in esame.

*Bibliografia*

Peli, M., Bostick, B.C., Barontini, S., Lucchini, R.G., Ranzi, R. (2021). Profiles and species of Mn, Fe and trace metals in soils near a ferromanganese plant in Bagnolo Mella (Brescia, IT). *Science of the Total Environment*, 755(2), 1–10.

Peli, M., Siena, M., Barontini, S., Riva, M., Ranzi R. (2022). RISULTATI NUMERICI SULLA DINAMICA DEL PIANO DI FLUSSO NULLO. Caso studio di suoli di pianura proni all'arricchimento di metalli pesanti. *L'ACQUA 2/2022*, 55–68.

Richards, L. A. (1954). Multiple tensiometer for determining vertical component of the hydraulic gradient in soil. *Soil Science Society of America Proceedings*, 18, 7–10.

Schaap, M.G., Leij, F.J., van Genuchten, M.T. (2001). Rosetta: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal of Hydrology*, 251, 163–176.

Simunek, J., van Genuchten, M.T., Sejna, M. (2008). Development and applications of the HYDRUS and STANMOD software packages and related codes. *Vadose Zone Journal*, 7, 587–600.

## Utilizzo e dimensionamento delle piazze di deposito per la mitigazione del rischio di colata detritica

Carlo Gregoret<sup>1</sup>, Matteo Barbini<sup>1</sup>, Martino Bernard<sup>1</sup>, Mauro Boreggio<sup>1</sup>, Massimiliano Schiavo<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università di Padova, Legnaro.*

### *Sommario*

I bacini di ritenuta di sedimento, con o senza opera di uscita, sono le strutture maggiormente utilizzate per invasare il volume di sedimento trasportato dalle colate detritiche. Questi bacini di ritenuta sono realizzati lungo i tratti dei canali di colata a più bassa pendenza. In alcuni casi, lo spazio a disposizione non permette la realizzazione di un bacino in grado di invasare l'intero volume di sedimento trasportato dalla colata, e quindi si realizzano delle piazze di deposito a monte in tratti ad elevata pendenza.

La piazza di deposito è un bacino di ritenuta aperto sul lato di valle, in cui il deposito di sedimento avviene per effetto del fondo piatto e non per l'effetto di ritenuta dovuto all'arginatura di valle. Tale tipo di opera arresta le colate di piccola-media magnitudo e riduce il volume di sedimento trasportato dalle colate di più elevata magnitudo, che infatti la oltrepassano.

La piazza di deposito è un'opera che intercetta il canale nel tratto a pendenza più elevata, preferibilmente in corrispondenza della transizione tra questo tratto e quello a pendenza intermedia. Il tratto ad elevata pendenza, in cui la colata si forma ed aumenta progressivamente di volume, è dominato dai processi di erosione. Il tratto a pendenza intermedia è quello di trasporto, in cui si ha alternanza di deposito ed erosione.

Vengono proposti due criteri per calcolare il volume di sedimento che si accumula in una piazza di deposito in funzione dell'area della piazza stessa. Il primo si basa su una rappresentazione geometrica del deposito, basata sulla schematizzazione della dinamica della colata sulla piazza di deposito. Il secondo è una legge empirica ricavata dall'analisi di scala tra volume e deposito di una colata. Entrambi i criteri sono stati verificati positivamente utilizzando i volumi di sedimento depositati dalle colate detritiche nella piazza di deposito esistente a Rovina di Cancia (Borca di Cadore, BL) nel periodo 2009-2022.

I due criteri possono essere utilizzati sia per il dimensionamento che per la verifica di una piazza di deposito. Si propone pertanto un loro utilizzo combinato mediante una procedura a tre fasi per la progettazione di una piazza di deposito. Si illustra l'applicazione della procedura a tre fasi per la progettazione di tre piazze di deposito nei siti di Chiapuzza e Ru Secco (San Vito di Cadore, BL).



# SESSIONE ORALE 4

14 settembre 2023 (14:30-15:30)

Aula Magna  
Campus UNIBAS  
Via Lanera, 20

## Analisi della relazione fra velocità superficiale e velocità media lungo una verticale per l'ottimizzazione delle misure di portata con tecniche ottiche

Francesco Alongi<sup>1</sup>, Dario Pumo<sup>1</sup>, Carmelo Nasello<sup>1</sup>, Leonardo Noto<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria (DI), Università degli studi di Palermo, Palermo.*

### *Sommario*

Il monitoraggio dei corsi d'acqua ha sperimentato negli ultimi decenni un forte impulso grazie allo sviluppo di tecniche non intrusive per la misura delle portate. Le tecniche ottiche, in particolare, consentono misure di portata anche in condizioni complesse, solitamente limitanti per le tecniche tradizionali. Le tecniche ottiche più conosciute e utilizzate sono la Large-Scale Particle Image Velocimetry (LS-PIV) e la Large-Scale Particle Tracking Velocimetry (LS-PTV). Entrambe si basano sull'elaborazione di immagini acquisite utilizzando dispositivi facilmente reperibili in commercio, poco costosi e di facile utilizzo, e permettono la ricostruzione dei campi di velocità superficiali del corso d'acqua in esame. L'elaborazione delle immagini avviene mediante software dedicati, spesso gratuiti e open-source, che applicano analisi di cross-correlazione atte ad identificare lo spostamento *frame-by-frame* di particelle traccianti. La portata può essere derivata applicando il classico metodo velocità-area, che richiede la derivazione della velocità media della corrente lungo diversi profili verticali, in cui viene suddiviso un transetto, e la conoscenza dell'area bagnata. La velocità media della corrente lungo il profilo verticale viene ricavata in genere a partire dalla velocità media superficiale, assumendo l'ipotesi semplificativa che tra la velocità media lungo la verticale e la velocità superficiale esista un rapporto costante ( $\alpha$ ), chiamato coefficiente di velocità, pari a 0,85 (WMO, 2008).

L'accuratezza delle tecniche ottiche nella stima delle portate è spesso influenzata dall'ipotesi semplificativa di assumere la velocità media della corrente lungo la verticale pari ad un'aliquota costante della velocità superficiale, rilevate in corrispondenza della stessa verticale. Il parametro  $\alpha$  risulta infatti influenzato da un elevato numero di fattori e può variare in base alle caratteristiche idrauliche della corrente (ad es., la turbolenza), geometriche e di scabrezza del fondo e delle sponde, e in base al tirante e alla distanza dalle sponde della verticale stessa.

Il presente lavoro ha l'obiettivo di analizzare la variabilità di  $\alpha$  rispetto ad alcuni dei fattori sopracitati, sfruttando un ampio dataset derivante da una campagna estensiva di misure correntometriche effettuata mediante un *Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)* nella regione Sicilia tra il 2020 e il 2023 su numerosi corsi d'acqua. Per alcune delle misure di portata effettuate, è stata applicata anche la tecnica LS-PIV, introducendo manualmente il tracciante e registrandone il movimento da postazione fissa o con drone (*Unmanned Aerial Vehicle – UAV*). La disponibilità di misure di velocità in profondità da ADCP ha quindi permesso di applicare tecniche di inferenza atte a caratterizzare la relazione esistente tra la velocità media lungo la verticale e quella superficiale, in corsi d'acqua caratterizzati da diverse condizioni idrauliche, ambientali e geometriche, e di derivare un metodo più accurato per la stima del coefficiente  $\alpha$  per migliorare la stima delle portate a partire dalla conoscenza del campo di moto superficiale. L'efficacia di tale metodo è stata favorevolmente testata utilizzando le misure mediante LS-PIV disponibili.

### *Bibliografia*

- Costa, J. E., Spicer, K. R., Cheng, R. T., Haeni, F. P., Melcher, N. B., Thurman, E. M., ... & Keller, W. C. (2000). Measuring stream discharge by non-contact methods: A proof-of-concept experiment. *Geophysical Research Letters*, 27(4), 553-556.
- Chen, Y. C., Hsu, Y. C., & Zai, E. O. (2022). Streamflow Measurement Using Mean Surface Velocity. *Water*, 14(15), 2370.
- Despax, A., Le Coz, J., Hauet, A., Mueller, D. S., Engel, F. L., Blanquart, B., ... & Oberg, K. A. (2019). Decomposition of uncertainty sources in acoustic Doppler current profiler streamflow measurements using repeated measures experiments. *Water Resources Research*, 55(9), 7520-7540.
- Kim, D., & Yu, K. (2010). Uncertainty estimation of the ADCP velocity measurements from the moving vessel method, (I) development of the framework. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 14, 797-801.
- Hauet, A., Creutin, J.-D., Belleudy, P. (2008). Sensitivity study of large-scale particle image velocimetry measurement of river discharge using numerical simulation. *Journal of Hydrology* 349, 178–190.
- Hauet, A., Morlot, T., & Daubagnan, L. (2018). Velocity profile and depth-averaged to surface velocity in natural streams: A review over a large sample of rivers. In *E3s web of conferences* (Vol. 40, p. 06015). EDP Sciences.
- Muste, M., Yu, K., & Spasojevic, M. (2004). Practical aspects of ADCP data use for quantification of mean river flow characteristics; part I: moving-vessel measurements. *Flow measurement and instrumentation*, 15(1), 1-16.
- Pumo, D., Alongi, F., Ciraolo, G., & Noto, L. V. (2021). Optical methods for river monitoring: A simulation-based approach to explore optimal experimental setup for LSPIV. *Water*, 13(3), 247.
- Welber, M., Le Coz, J., Laronne, J. B., Zolezzi, G., Zamler, D., Dramais, G., ... & Salvaro, M. (2016). Field assessment of noncontact stream gauging using portable surface velocity radars (SVR). *Water Resources Research*, 52(2), 1108-1126.
- World Meteorological Organization (Ed.), 2008. *Guide to hydrological practices*, 6th ed. ed, WMO. WMO, Geneva, Switzerland.

## Complessità dei processi nel Laboratorio idrologico all'aperto (HOAL) di Petzenkirchen, Austria

Günter Blöschl<sup>1</sup>

(1) *Istituto di Ingegneria Idraulica e Gestione delle Risorse Idriche, Politecnico di Vienna, email: bloeschl@hydro.tuwien.ac.at*

### *Sommario*

La complessità idrologica è uno degli aspetti più affascinanti della nostra scienza, nonché quello che rende estremamente difficile formulare teorie generalizzabili. Questo intervento illustrerà come l'allestimento sperimentale e di monitoraggio di un osservatorio, l'Hydrological Open Air Laboratory (HOAL) di 66 ettari a Petzenkirchen, in Bassa Austria, sia stato realizzato in modo da consentire una comprensione approfondita dei processi complessi nel campo. Quesiti scientifici generali hanno guidato la selezione del sito, l'individuazione dei temi di ricerca ed il monitoraggio di base. Specifiche ipotesi hanno guidato il monitoraggio ed il campionamento dedicati, i singoli esperimenti e gli esperimenti ripetuti con condizioni al contorno controllate. Lo scopo dell'HOAL è quello di far progredire la comprensione dei processi di deflusso e trasporto dell'acqua che coinvolgono sedimenti, nutrienti e microbi in piccoli bacini idrografici. Il bacino idrografico HOAL è ideale per questo scopo, perché presenta diversi processi di generazione del deflusso (deflusso superficiale, sorgenti, tubi di drenaggio, zone sature), gli apporti di nutrienti sono noti ed è pratico dal punto di vista logistico, poiché quasi tutti gli strumenti possono essere collegati alla rete elettrica e a una rete locale in fibra ottica ad alta velocità. La complessità comprende un'enorme variabilità spaziale dei processi di flusso, flussi connettivi e preferenziali a tutte le scale e caratteristiche dinamiche del suolo. La diversità dei meccanismi di generazione del deflusso nel bacino idrografico fornisce un vero e proprio laboratorio in cui è possibile testare le ipotesi di deflusso e trasporto, sia con esperimenti controllati sia mettendo a confronto sottoregioni con caratteristiche diverse. Questa diversità garantisce inoltre che l'HOAL sia rappresentativo di una serie di bacini idrografici di tutto il mondo e che i risultati dei processi specifici dell'HOAL siano applicabili a una varietà di bacini agricoli. L'HOAL è gestito congiuntamente dal Politecnico di Vienna e dall'Agenzia Federale per la Gestione delle Acque e si avvale del programma di dottorato di Vienna sui sistemi di risorse idriche finanziato dal Fondo Scientifico Austriaco e dal Governo della Bassa Austria.

## Cosmic-rays Neutron Sensing probe network for large-scale soil moisture monitoring

Luca Morselli<sup>1</sup>, Gabriele Baroni<sup>2</sup>, Barbara Biasuzzi<sup>1</sup>, Enrico Gazzola<sup>1</sup>, Stefano Gianessi<sup>2</sup>, Marcello Lunardon<sup>3</sup>, Luca Stevanato<sup>1</sup>

(1) *Finapp S.r.l., via del commercio, 27 Montegrotto Terme (PD)*

(2) *Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (DISTAL), Università di Bologna, Via Zamboni, 33 - 40126 Bologna.*

(3) *Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Padova, Via Marzolo, 8 - 35121 Padova.*

### *Sommario*

Soil moisture plays a crucial role in hydrology; therefore, a reliable measurement of its value can enhance the effectiveness of a wide range of applications like drought monitoring, runoff modeling, and flood risk assessment. Additionally, it can be employed to calibrate hydrological models at the mesoscale level. A promising data source for this purpose is the Cosmic-Ray Neutron Sensing (CRNS) technique, which allows for filling the gap between point-scale and remote sensing measurements. This technique measures neutrons resulting from interactions between cosmic-rays and atmospheric particles. CRNS probes above ground measure two main components: atmospheric neutrons and those scattered from the soil. The scattered component is strongly dependent on the hydrogen content of the soil, which is mainly dominated by soil moisture content (up to a depth of 50 cm) [Zreda et al., 2008, Desilets et al., 2012]. A single, autonomous sensor positioned on the surface can supply real-time data over a large area (hectares) and in-depth (tens of centimeters in soil and meters in snow). The sensor operates using solar power and necessitates minimal maintenance. This technique has shown promising applications also for snowpack and biomass monitoring [Schattan et al. 2018, Franz et al. 2018]. Recently, different institutions have been promoting the establishment of a CRNS probes network for monitoring soil moisture over a wide area, integrating already available climate data. This contribution presents the establishment and assessment of the first network of Cosmic-Ray Neutron Sensing (CRNS) probes in Italy, overseen by the country's environmental protection agencies. Eight CRNS probes, manufactured by Finapp s.r.l., were recently deployed across various locations in Northern Italy. The establishment of this network will enable a wide range of applications, including long-term soil moisture monitoring, drought detection, flood forecasting, and assessments of land surface models.

### *Bibliografia*

M. Zreda, D. Desilets, T. Ferré, and R. L. Scott, "Measuring soil moisture content non-invasively at intermediate spatial scale using cosmic-ray neutrons," *Geophysical research letters*, vol. 35, no. 21, 2008.

D. Desilets, M. Zreda, and T. P. Ferré, "Nature's neutron probe: Land surface hydrology at an elusive scale with cosmic rays," *Water Resources Research*, vol. 46, no. 11, 2010.

Schattan, Paul, et al. "Cosmic-ray neutron sensing of snow water equivalent in heterogeneous alpine terrain." *EGU General Assembly Conference Abstracts*. 2018.

Franz, T. E., A. Wahbi, and W. Avery. "Estimation of Biomass Water Equivalent via the Cosmic Ray Neutron Sensor." *Cosmic Ray Neutron Sensing: Estimation of Agricultural Crop Biomass Water Equivalent* (2018): 25.

## FOCA (Italian FIOod and Catchment Atlas): l'atlante italiano delle piene e dei descrittori dei bacini idrografici

Pierluigi Claps<sup>1</sup>, Giulia Evangelista<sup>1</sup>, Daniele Ganora<sup>1</sup>, Paola Mazzoglio<sup>1</sup>, Irene Monforte<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI), Politecnico di Torino, Torino*

### *Sommario*

Negli ultimi anni sono stati realizzati diversi database nazionali di descrittori geomorfoclimatici di bacino, come i dataset CAMELS sviluppati per Svizzera, Francia, Germania, Regno Unito, Stati Uniti, Australia, Cile e Brasile (ora integrati in Caravan) e LamaH-CE. Con l'obiettivo di coprire il territorio italiano, in questo lavoro presentiamo FOCA (Italian FIOod and Catchment Atlas), la prima raccolta sistematica di dati sui bacini italiani per i quali sono disponibili serie storiche di portate al colmo e/o massime giornaliere. I dati idrologici, relativi a 631 sezioni di misura, sono ricavati dal "Catalogo delle Piene dei Corsi d'acqua Italiani" (Claps et al., 2020a, 2020b, 2020c). Le informazioni idrometriche sono integrate in FOCA da più di 100 diversi descrittori relativi a geomorfologia, suolo e copertura del suolo, NDVI, clima e precipitazioni estreme. Tali descrittori sono stati calcolati utilizzando fonti conformi ai tre seguenti criteri: a) copertura spaziale nazionale; b) assenza di distorsioni regionali o locali; c) adeguatezza della risoluzione spaziale. Per ogni variabile è stato selezionato il migliore dataset disponibile, privilegiando le informazioni locali e ricorrendo a dati globali solo in pochi casi. La disponibilità dei confini di bacino consentirà comunque agli utenti di valutare altri descrittori utilizzando i propri modelli o altri dataset.

Uno dei punti di forza di FOCA, rispetto ai numerosi altri dataset nazionali disponibili, è l'inclusione di un ricco set di descrittori geomorfologici, calcolati con l'algoritmo *r.basin* di GRASS GIS e in seguito soggetti a diverse procedure di controllo di qualità. Il secondo aspetto rilevante è l'inclusione di caratteristiche relative alle precipitazioni estreme, calcolate utilizzando dati di stazione e non dati di rianalisi, approccio spesso utilizzato nella realizzazione dei CAMELS. In questo caso è stato usato come base di partenza l'Improved Italian - Rainfall Extreme Dataset o I<sup>2</sup>-RED (Mazzoglio et al., 2020).

Con questa prima raccolta di dati a livello nazionale, sarà ora possibile intraprendere sul territorio italiano un'ampia gamma di applicazioni idrologiche a scala di bacino, con particolare riferimento a studi sui valori estremi.

### *Bibliografia*

Claps, P., Ganora, D., Apostolo, A., Brignolo, I., and Monforte, I. (2020). Catalogo delle Piene dei Corsi d'acqua Italiani Vol. 1, Ed. CINID., 499 pp., ISBN 978-88-945568-0-3.

Claps, P., Ganora, D., Apostolo, A., Brignolo, I., and Monforte, I. (2020). Catalogo delle Piene dei Corsi d'acqua Italiani Vol. 2, Ed. 550 CINID, 537 pp., ISBN 978-88-945568-2-7.

Claps, P., Ganora, D., Apostolo, A., Brignolo, I., and Monforte, I. (2020). Catalogo delle Piene dei Corsi d'acqua Italiani Vol. 3, Ed. CINID, 401 pp., ISBN 978-88-945568-4-1.

Mazzoglio, P., Butera, I., Claps, P. (2020). I<sup>2</sup>-RED: a massive update and quality control of the Italian annual extreme rainfall dataset. *Water*, 12, 3308.





# SESSIONE ORALE 5

15 settembre 2023 (11:00 - 12:45)

Aula Magna  
Campus UNIBAS  
Via Lanera, 20

## Pandemia, tensioni internazionali, inflazione economica e gestione delle risorse idriche: il caso della regione Emilia-Romagna

Alberto Montanari

*Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM),  
Alma Mater Studiorum Università di Bologna*

### *Sommario*

Negli ultimi 4 anni si sono susseguiti disastri naturali e eventi di natura socio-economica a carattere eccezionale e di portata globale, che potrebbero radicalmente cambiare il modello di gestione delle risorse idriche che si è globalmente consolidato negli ultimi 30 anni.

La caduta del muro di Berlino e della ex-Unione Sovietica ha generato l'illusione che si fosse inaugurato un periodo di pace duratura e che la globalizzazione avrebbe contribuito a diffondere valori democratici in tutto il mondo. L'incremento delle esportazioni e degli investimenti esteri, la diffusione del liberismo economico e dell'iniziativa privata, l'efficienza delle istituzioni internazionali nel controllare l'inflazione hanno generato l'illusione di poter promuovere una crescita globale, inaugurando una nuova fase storica. Tutto ciò ha avuto notevole impatto sulla gestione delle risorse idriche (Cesano e Gustafsson, 2000). A livello globale, l'incremento delle esportazioni ha stimolato il "commercio d'acqua virtuale" (Hoekstra e Hung, 2005; Dermody et al., 2018) che ha offerto nuove prospettive per la mobilitazione transnazionale delle risorse idriche. A livello locale, si è stimolata la produttività agricola – che si è tradotta in un incremento della domanda idrica – ed è cresciuta la domanda di energia, in particolare energia idroelettrica che copre più del 40% della produzione di energia elettrica rinnovabile globale (<https://www.albertomontanari.it/scienceclimatechange23>). Tutto ciò ha generato impatti sulla qualità dell'ambiente e sul clima, che tuttavia si è ritenuto di poter controllare mediante azioni promosse da istituzioni ed accordi internazionali.

Nel 2022, la guerra fra Ucraina e Russia e l'aumento dell'inflazione, a sua volta probabilmente indotto dalla pandemia e dai rincari dell'energia generati dalla guerra stessa, hanno introdotto un cambio di paradigma, reimpostando la geopolitica globale dalla competizione al conflitto. "Mentre eravamo impegnati a celebrare la fine della storia, la storia stava preparando il suo ritorno" (Mario Draghi, cerimonia di conferimento del premio Miriam Pozen, MIT, 2023). Mentre stavamo preparandoci ad una visione globale e liberista, i cittadini ci hanno chiesto di ristabilire un ruolo più centrale dello Stato. La nuova situazione comporterà un radicale cambiamento nell'economia globale: è prevedibile che, qualunque sia l'evoluzione del conflitto in atto, l'inflazione non decresca e quindi il commercio internazionale si indebolisca, rendendo quindi necessario un cambio del modello di sviluppo, anche in agricoltura. Peraltro, il ripensamento del modello di sviluppo è da più parti auspicato per mitigare i cambiamenti climatici e perseguire gli obiettivi di sviluppo sostenibile.

Il caso dell'Emilia-Romagna è emblematico: la liberalizzazione del mercato ha stimolato negli ultimi anni produzioni agricole idroesigenti e quindi la realizzazione di politiche virtuose di gestione della risorsa idrica. L'alluvione che si è verificata a maggio 2023, e la conseguente necessità di reimpiantare numerosi frutteti, può essere l'occasione per indirizzare le risorse ad un modello di sviluppo che si concili con la situazione geopolitica globale, consentendo di raggiungere la sintesi fra adattamento alla nuova situazione dei mercati ed adattamento ai cambiamenti climatici. E' compito della comunità scientifica idrologica recapitare un messaggio dal contenuto interdisciplinare a amministrazioni ed enti, per prepararci ad un futuro inevitabilmente incerto ma per molti aspetti prevedibile.

### *Bibliografia*

Cesano, D., & Gustafsson, J. E. (2000). Impact of economic globalisation on water resources: A source of technical, social and environmental challenges for the next decade. *Water Policy*, 2(3), 213-227.

Dermody, B. J., Sivapalan, M., Stehfest, E., Van Vuuren, D. P., Wassen, M. J., Bierkens, M. F., Dekker, S. C. (2018). A framework for modelling the complexities of food and water security under globalisation. *Earth System Dynamics*, 9(1), 103-118.

Draghi, M. (2023). Lezione tenuta in occasione della cerimonia di conferimento del Premio Miriam Pozen. Massachusetts Institute of Technology, <https://formiche.net/2023/06/draghi-mit-discorso-integrale-poliillo/>, <https://www.youtube.com/watch?v=26QYVZ8rvm4>.

Hoekstra, A. Y., Hung, P. Q. (2005). Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global environmental change*, 15(1), 45-56.

Montanari, A. (2023). Lezioni di "Science of climate change and climate actions". Università di Bologna, <https://www.albertomontanari.it/scienceclimatechange23>.

## Valutazione della disponibilità idrica da acquiferi a ciclo naturale in diversi scenari futuri di cambiamento climatico

David J. Peres<sup>1</sup>, Nunziarita Palazzolo<sup>1</sup>, Claudio Mineo<sup>2</sup>, Stefania Passaretti<sup>2</sup>, Anna Varriale<sup>2</sup>, Alberto Campisano<sup>1</sup>, Antonino Cancelliere<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università di Catania, Catania, david.peres@unict.it*

(2) *Dipartimento di Tutela della Risorsa Idrica, ACEA Ato2 S.P.A, Roma, claudio.mineo@aceaspa.it*

### *Sommario*

I cambiamenti climatici pongono nuove sfide per l'approvvigionamento idrico, a causa della potenziale diminuzione delle precipitazioni e dell'aumento delle temperature, che possono insieme indurre una riduzione della disponibilità idrica futura. È quindi importante quantificare tali impatti al fine di implementare opportune misure di adattamento.

Nel lavoro si propone l'uso di una catena modellistica, che combina la modellazione idrologica con l'uso di proiezioni climatiche in corrispondenza di diversi scenari futuri di emissione di gas clima-alteranti. Nello specifico, la metodologia è applicata agli acquiferi a ciclo naturale dell'Appennino centrale grazie ai quali, tramite il gestore della risorsa ACEA ATO2 S.p.A., si approvvigionano oltre 4 milioni di utenti dell'ambito territoriale ottimale nel circondario della Città di Roma. La metodologia si basa sull'uso delle proiezioni climatiche regionali Euro-CORDEX e di un modello empirico regressivo (Romano et al., 2013) che lega la disponibilità idrica degli acquiferi con indici di siccità quali l'indice di precipitazione standardizzato (SPI) e l'indice di precipitazione-evapotraspirazione standardizzato (SPEI). La valutazione degli impatti futuri dei cambiamenti climatici sulla disponibilità della risorsa idrica è dunque effettuata considerando gli scenari di emissione di gas clima-alteranti intermedio (RCP4.5) ed elevato (RCP8.5) e due orizzonti temporali futuri (2021-2050 e 2041-2070). In primo luogo, sulla base di pregressi studi nell'area mediterranea (Peres et al., 2020), sono stati selezionati i modelli climatici più affidabili, ovvero quelli in grado di riprodurre con maggiore accuratezza le caratteristiche climatiche del periodo di controllo (1971-2000). Successivamente, sono state calcolate le variazioni future delle principali variabili climatiche, e.g., precipitazione, temperatura dell'aria ed evapotraspirazione potenziale, e le serie future delle variabili di interesse sono state utilizzate come input al modello regressivo di stima delle portate delle sorgenti.

I risultati rivelano un'apprezzabile variazione delle portate in corrispondenza dei diversi scenari e periodi considerati. In particolare, al fine di pianificare le misure di adattamento più idonee, sono state quantificate le variazioni della disponibilità idrica in corrispondenza di diversi valori probabilità (curve affidabilità-disponibilità idrica) così da evidenziare le potenziali riduzioni delle prestazioni future del servizio idrico. La metodologia proposta permette, altresì, di valutare, per una data configurazione infrastrutturale del sistema di approvvigionamento, i potenziali benefici derivanti dall'interconnessione tra le diverse fonti disponibili.

### *Bibliografia*

Peres, D. J., Senatore, A., Nanni, P., Cancelliere, A., Mendicino, G., and Bonaccorso, B. (2020): Evaluation of EURO-CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment for the Euro-Mediterranean area) historical simulations by high-quality observational datasets in southern Italy: insights on drought assessment, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 20, 3057–3082, <https://doi.org/10.5194/nhess-20-3057-2020>.

Romano, E., Del Bon, A., Petrangeli, A. B., and Preziosi, E. (2013). Generating synthetic time series of springs discharge in relation to standardized precipitation indices. Case study in central Italy. *Journal of Hydrology*. 507, 86–99.

## Ottimizzazione delle regole di derivazione dall'invaso di Ridracoli e simulazione degli effetti del cambiamento climatico sulla disponibilità idropotabile futura

Mattia Neri<sup>1</sup>, Elena Toth<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, Università di Bologna, Bologna*

### *Sommario*

In uno scenario di crescente preoccupazione per i potenziali impatti del cambiamento climatico e delle future situazioni di siccità idrologica sulla disponibilità idrica, la necessità di ottimizzare la gestione dei serbatoi a scopo idropotabile è quanto mai attuale. Una gestione ottimale prevede la definizione di regole di derivazione che permettano sia di massimizzare i volumi potabilizzati, riducendo gli sfiori, sia di accumulare sufficiente risorsa per poter superare le situazioni di crisi idrica garantendo i volumi minimi di approvvigionamento richiesti dagli utenti.

Lo studio presenta il lavoro svolto, in collaborazione con Romagna Acque – Società delle Fonti S.p.A., per l'ottimizzazione delle regole di potabilizzazione dall'invaso di Ridracoli, che rappresenta la principale fonte di approvvigionamento idropotabile della Romagna.

Il serbatoio di Ridracoli è alimentato dal bacino diretto del torrente Bidente e da quattro bacini limitrofi allacciati all'invaso tramite opere di captazione e una galleria di gronda. La fase preliminare del lavoro si è concentrata sulla messa a punto di un modello di simulazione dell'intero sistema che comprende i) la modellistica afflussi-deflussi dei bacini idrografici e ii) un modello per la gestione del sistema costituito da opere di presa, galleria di gronda, invaso, scarichi e derivazione. Quest'ultimo è stato costruito tramite l'analisi delle manovre storiche eseguite sui manufatti e tramite il confronto con i tecnici e i responsabili della società che ha permesso la definizione delle condizioni al contorno e dei vincoli tecnici e normativi nei diversi mesi dell'anno.

Una volta stabilite le caratteristiche del sistema, si sono avanzate diverse ipotesi per la definizione delle regole mensili di derivazione dei volumi da potabilizzare, in funzione del livello di invaso. Il funzionamento del sistema è stato quindi simulato sul periodo storico di riferimento (*control period*) ottimizzando i parametri delle curve di derivazione, con un algoritmo multi-obiettivo, al fine di i) massimizzare i volumi potabilizzati sull'intero periodo di osservazione e al contempo ii) minimizzare i volumi di deficit idrico, intesi come i volumi di risorsa che, seppur richiesti dalla rete a valle (in particolare da comprensori che non hanno fonti idriche alternative), non risulta possibile potabilizzare e recapitare.

Infine, il modello di funzionamento dell'intero sistema bacini-opere di presa-galleria di gronda-invaso-derivazione è stato sollecitato da un ensemble di scenari climatici: in particolare, si sono considerate dieci catene modellistiche GCM-RCM appartenenti all'iniziativa EURO-CORDEX e disponibili anche in versione bias-corretta (Dosio et al., 2016). La modellazione del sistema ha permesso di valutare la disponibilità idrica futura all'invaso e in particolare di quantificare i volumi di deficit idrico, cioè i volumi complessivi delle richieste degli utenti che non risulterebbero soddisfatte dal sistema nei decenni futuri.

### *Bibliografia*

Dosio, A. (2016). Projections of climate change indices of temperature and precipitation from an ensemble of bias-adjusted high-resolution EURO-CORDEX regional climate models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(10), 5488–5511. <https://doi.org/10.1002/2015JD024411>

## Development of a new index using reservoir storage dynamics to study drought propagation in Sardinia

Avijit Majhi<sup>1</sup>, Stefano Farris<sup>1</sup>, Ouafik Boulariah<sup>1</sup>, Salvatore Urru<sup>1</sup>, Roberto Deidda<sup>1</sup>, Francesco Viola<sup>1</sup>

(1) *Università degli Studi di Cagliari, Department of Civil- Environmental Engineering and Architecture, Cagliari, Italy*

### *Abstract*

In the context of climate change, water scarcity in terms of decreasing precipitation and increasing evapotranspiration forced by increasing temperature leads to a real challenge for water resource management. Long and short-term drought affects numerous sectors, especially agriculture, water resources, and socioeconomic. Reservoir, as a manmade infrastructure, plays a significant role in increasing resilience against extremes. Generally, meteorological droughts (MD) are translated first to hydrological droughts (HD) and then to socio-economic droughts (SED) with different lag times. Studying the reservoir storage dynamics is essential to understand the propagation of MD into SED. To investigate this matter, we selected the second-largest island in the Mediterranean Sea, Sardinia (Italy) Island as a case study, which experienced multiple prolonged drought events followed by multisectoral water scarcity in the recent past. Water supply in Sardinia mainly depends on reservoir water, so exploiting the connections and propagation lag between reservoir drought (RD) and MD is crucial to develop drought preparedness. To our knowledge, a few analyses of reservoir storage dynamics in Sardinia have been done to date.

Due to the lack of observed gauged streamflow data in the Sardinian region, we did not include the analysis of streamflow (natural HD). So, our study is limited to human-induced HD or RD by exploiting the readily available observed reservoir storage data. In our study, we calculated multiscale n-Standardized Precipitation Index (n-SPI where  $n = 1, 3, 6, 12, 24$  months scale) to study the MD over the different catchments contributing to a particular reservoir. We introduced a new index, namely the Standardized Reservoir Storage Index (SRSI), to evaluate the reservoir storage dynamics. Firstly, we used one-dimensional storage having single inlet-outlet systems (i.e., Cedrino and Bau Pressieu reservoirs). For calculating SPI, the historical observed rainfall station's time series is fitted with a parametric gamma probability distribution, which is back-transformed to a normal distribution. In the case of SRSI, we relied only on the reservoir volume monthly time series, which is fitted with different univariate probability distributions apart from gamma distributions, since, unlike the precipitation time series, the gamma distribution did not fit the reservoir dataset well. Storage volume data is shown to be more persistent than precipitation deficit, has a high autocorrelation factor (indicating strong reliance on previous values), and is less sensitive to external forcings, resulting in delayed responses to precipitation and potentially more persistent drought. Taking advantage of the high autocorrelation, we focused only on the SRSI-1 month scale in our study, which was fitted to an upper truncated probability distribution to remove the full-reservoir storage events. We used the *temporal shifting* and the *index correlation methods* to find propagation (lag) time between MD and RD. The relationship was investigated in the Index correlation method by cross-correlating the 1-month SRSI with various SPI accumulation periods, looking for the highest correlated periods for each reservoir. To employ the temporal shift method, we calculated the drought characteristics

(severity, duration, etc.) using the theory of runs and found the time gap between onset and peak drought events of different drought types. As a result, we observed that SRSI has a high correlation (non-parametric Kendal's Tau) with 6 to 12 months SPI. The framework proposed in this study is among the first attempts to determine the temporal propagation of MD to RD in Sardinia catchments, which presents new clarity into drought propagation and helps different stakeholders to monitor the drought early as a warning.

*Declaration of Competing Interest:* The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this article.

*Acknowledgments:* This study was carried out within the RETURN (Multi-Risk sciEnce for resilient communities under a changing climate) Extended Partnership and received funding from the European Union Next-Generation EU (National Recovery and Resilience Plan – NRRP, Mission 4, Component 2, Investment 1.3 – D.D. 1243 2/8/2022, PE0000005), CUP: F53C22000730002

#### *References:*

- Caloiero, T., & Veltri, S. (2019). Drought Assessment in the Sardinia Region (Italy) During 1922–2011 Using the Standardized Precipitation Index. *Pure and Applied Geophysics*, *176*(2), 925–935.
- Ho, S., Tian, L., Disse, M., & Tuo, Y. (2021). A new approach to quantify propagation time from meteorological to hydrological drought. *Journal of Hydrology*, *603*, 127056.
- van Langen, S. C. H., Costa, A. C., Ribeiro Neto, G. G., & van Oel, P. R. (2021). Effect of a reservoir network on drought propagation in a semi-arid catchment in Brazil. *Hydrological Sciences Journal*, *66*(10), 1567–1583

## Modellazione delle dry spells mediante Processi Poissoniani non omogenei

Davide Luciano De Luca<sup>1</sup>, Elena Ridolfi<sup>2</sup>, Benedetta Moccia<sup>2</sup>, Fabio Russo<sup>2</sup>, Francesco Napolitano<sup>2</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES), Università della Calabria, Arcavacata di Rende (CS).*

(2) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA), Sapienza Università di Roma.*

### Sommario

Lo studio delle dry spells, ovvero delle sequenze di giorni consecutivi con altezza di precipitazione inferiore ad una soglia assegnata (usualmente 0.1 o 1 mm), riveste un notevole interesse in ambito idrologico per le diverse ripercussioni sulla disponibilità idrica e dunque anche sulla produzione agricola (Lesk et al., 2016).

Nello specifico, la modellazione può essere condotta:

- tramite le usuali tecniche di inferenza statistica, in cui si definisce una distribuzione di probabilità dei valori estremi delle durate di tali sequenze, su scala annuale o per specifiche stagioni di interesse, oppure
- assumendo una struttura stocastica per le serie pluviometriche di interesse.

La seconda scelta consente di valutare la specifica distribuzione di probabilità della durata di una dry spell per ogni giorno dell'anno, assunto come inizio di una sequenza. In dettaglio, indicando con  $X_k$  una variabile casuale Bernoulliana (Kottegoda & Rosso, 2008) che può assumere valore 0 (condizione "dry") o 1 (condizione "wet") in base al valore di pioggia giornaliera inferiore/superiore ad una soglia assegnata, l'obiettivo è la stima della seguente probabilità:

$$P_{i,M}[X_i = 1 \cap X_{i+1} = 0 \cap X_{i+2} = 0 \cap \dots \cap X_{i+m} = 0 \cap X_{i+m+1} = 1] \quad (1)$$

corrispondente alla probabilità congiunta di avere una sequenza di  $m$  giorni "dry" consecutivi, preceduta e seguita da almeno un giorno "wet" (Figura 1).

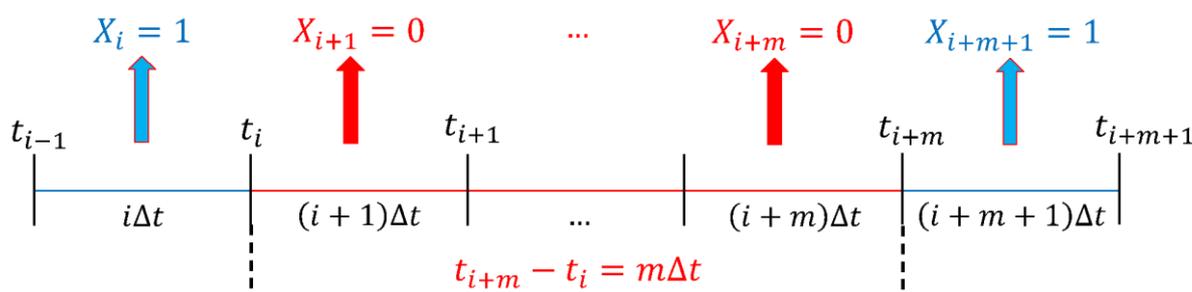


Figura 1. Schematizzazione di una dry spell con durata pari a  $m$  giorni consecutivi.

Dall'Eq. (1) è possibile sviluppare generatori di pioggia finalizzati alla modellazione delle occorrenze di dry spells di qualsiasi durata lungo tutto l'anno, e quindi non solo relative alle durate massime. Tale aspetto, chiaramente, è di notevole interesse per quanto riguarda soprattutto la gestione della risorsa idrica.

Inoltre, i diversi approcci basati sull'Eq. (1) possono essere classificati sulla base di come la probabilità  $P_{i,M}[\cdot]$  viene modellata, ovvero:

- se tutti gli  $X_k$  eventi sono assunti indipendenti o meno tra di loro;
- se tutti gli  $X_k$  eventi sono considerati identicamente distribuiti o meno.

In questo lavoro, si considera la banca dati nazionale di pioggia giornaliera SCIA dell'ISPRA (<http://www.scia.isprambiente.it>, Desiato et al., 2007) e si focalizza l'attenzione su due periodi trentennali (1951-1980 e 1991-2020) con l'obiettivo di valutare la significatività statistica di eventuali differenze sulla distribuzione delle dry spells.

A livello metodologico, viene perfezionato un approccio Poissoniano non omogeneo, proposto originariamente in Sirangelo et al. (2011, 2015), in cui la variazione stagionale dell'intensità di arrivo delle occorrenze pluviometriche viene modellata tramite una serie troncata di Fourier.

La tecnica di calibrazione proposta consente una migliore ricostruzione delle serie osservate delle durate delle dry spells (sia dei massimi annuali, sia delle serie con durata almeno pari a 5 giorni) e consente di evitare il ricorso a Catene di Markov di ordine superiore ad 1, come invece asserito in recenti lavori (Kemsley et al., 2021)

#### *Bibliografia*

Desiato, F.; Lena, F.; Toreti, A. SCIA: A system for a better knowledge of the Italian climate. Boll. Geofis. Teor. Appl. 2007, 48, 351–358.

Kemsley S.W.; Osborn T.J.; Dorling S.R.; Wallace C.; Parker J. (2021). Selecting Markov chain orders for generating daily precipitation series across different Köppen climate regimes. Int J Climatol, 41:6223–37. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.7175>.

Kottegoda N.T.; Rosso R. (2008). Applied Statistics for Civil and Environmental Engineers. Blackwell: Oxford, UK.

Lesk C, Rowhani P and Ramankutty N (2016) Influence of extreme weather disasters on global crop production Nature 529 84

Sirangelo B.; Ferrari E.; De Luca D.L. (2011). Occurrence analysis of daily rainfalls through non-homogeneous Poissonian processes. Natural Hazard and Earth System Sciences, 11: 1657-1668, ISSN: 1561-8633, eISSN: 1684-9981, DOI:10.5194/nhess-11-1657-2011

Sirangelo B.; Caloiero T.; Coscarelli R.; Ferrari E (2015) A stochastic model for the analysis of the temporal change of dry spells. Stoch Env Res Risk A 29:143–155

## I più gravi eventi di siccità in Italia dal 1951: caratterizzazione mediante indici standardizzati

Anna Botto<sup>1</sup>, Giovanni Braca<sup>1</sup>, Martina Bussetini<sup>1</sup>, Marco Casaioli<sup>1</sup>, Barbara Lastoria<sup>1</sup>, Giulia Marchetti<sup>1</sup>, Stefano Mariani<sup>1</sup>, Cosimo Peruzzi<sup>1</sup>, Francesca Piva<sup>1</sup>, Robertino Tropeano<sup>1</sup>

(1) *Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (ISPRA), Roma*

### Sommario

L'Italia è stata, negli ultimi decenni, soggetta a sempre più frequenti fenomeni di siccità, che non hanno afflitto, come si potrebbe pensare, solo le aree meridionali e insulari, generalmente più aride, ma anche le aree centro-settentrionali e continentali che presentano un clima di norma più umido.

La siccità, come è noto, è un fenomeno naturale che si determina per effetto di un deficit delle precipitazioni che interessa aree sufficientemente vaste e permane per anomale durate, al di là, cioè, di quella che è la sua intrinseca e attesa variabilità.

La siccità è un fenomeno che si manifesta temporalmente con caratteristiche multiscala che possono, cioè, essere descritte a diverse scale temporali ognuna delle quali può evidenziare impatti diversi in ambiti diversi: ambientali, economici e sociali. Questa peculiarità, a differenza di fenomeni di alluvione, determina una difficoltà nell'individuazione dell'inizio e della durata nonché stabilirne l'estensione, l'intensità e altre caratteristiche mediante le quali definire un modello probabilistico di accadimento e, in ultima analisi, la valutazione dei diversi livelli di rischio.

La difficoltà di caratterizzare univocamente il fenomeno della siccità è testimoniata dall'elevato numero di indici e indicatori proposti nella letteratura tecnico-scientifica (WMO, 2016). Tra i numerosi indici proposti, molto utilizzati in ambito nazionale e internazionale, non solo per la loro semplicità di applicazione e per l'utilizzo di dati facilmente reperibili, ma anche per la caratteristica di essere multiscalari, cioè di poter essere declinati a diverse scale temporali, e di essere standardizzati sono lo Standardized Precipitation Index – SPI (McKee et al., 1993) e lo Standardized Precipitation Evapotranspiration Index – SPEI (Vicente-Serrano et al., 2010).

Il principale obiettivo del presente studio è quello di individuare e classificare i più gravi eventi di siccità meteorologica che si sono verificati in Italia dal 1951 al 2022 mediante gli indici standardizzati SPI e SPEI (Figura 1) calcolati sulla base dei dataset distribuiti di precipitazione e temperatura mensili e delle elaborazioni prodotte dal modello di bilancio idrologico BIGBANG sviluppato dall'ISPRA (Braca et al., 2021).

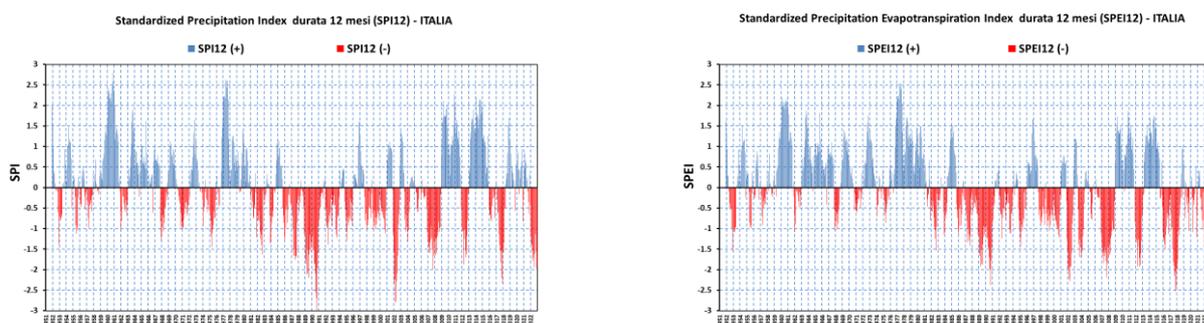


Figura 1: SPI e SPEI dal 1952 al 2022 calcolati sulla base dei dataset di precipitazione e evapotraspirazione potenziale ragguagliate al territorio nazionale (fonte dati BIGBANG7.0)

*Bibliografia*

Braca, G., Bussetini, M., Lastoria, B., Mariani, S., e Piva, F., (2021). Il Bilancio Idrologico Gis BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare – BIGBANG: metodologia e stime. Rapporto sulla disponibilità naturale della risorsa idrica. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Rapporti 339/21, Roma. Disponibile online al link: <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/il-bilancio-idrologico-gis-based-a-scala-nazionale-su-griglia-regolare-bigbang>

McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J., (1993). The relationship of drought frequency and duration of time scales. In Proc. of Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, January 17–23, 1993, Anaheim CA.

Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I., (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *J. Climate*, 23, 1696–1718

World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), (2016). Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva

## Insegnare idrologia considerando eguaglianza, inclusione e sostenibilità

Rita Bencivenga<sup>1</sup>, Cinzia Leone<sup>2</sup> e Angela Celeste TARAMASSO<sup>3</sup>

(1) *Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, UniGe*

(2) *Università di Genova*

(3) *Dipartimento di Ingegneria Civile Chimica e Ambientale, Scuola Politecnica, UniGe*

In passato, la siccità veniva considerata un problema limitato a paesi di altre latitudini, ma recenti studi dimostrano che la scarsità di risorse idriche influisce su molteplici aspetti della vita, in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030. Oggi i corsi di idrologia hanno integrato tali obiettivi focalizzandosi sull'importanza delle risorse idriche e del cambiamento climatico.

Questa memoria presenta le possibili azioni che si possono inserire in un corso di idrologia e riconducibili alle tematiche di Equality, Diversity e Inclusion (EDI). In passato gli obiettivi principali erano di fornire gli strumenti per valutare e analizzare eventi estremi o stimare il valore della portata, per la pianificazione di opere in alveo o infrastrutture fluviali. Tuttavia, grazie agli sviluppi nell'ambito dell'idrologia, che utilizza dati sempre più dettagliati su scala spaziale e temporale, il corso può ora affrontare non solo la stima della portata per la costruzione di infrastrutture idriche, ma anche la progettazione di azioni e soluzioni che mirano alla mitigazione del cambiamento climatico a livello locale. È altresì fondamentale promuovere una cultura di adattamento individuale al cambiamento climatico, per esempio adottando le Natural Based Solution.

Sono proprio questi temi che sono stati introdotti in una prima sperimentazione, che sarà ovviamente perfezionata nel prossimo anno accademico, realizzando un *Syllabus EDI friendly*.

In questo contesto ho introdotto con seminari il legame tra gli aspetti scientifici e tecnici del corso ed i potenziali impatti sulle popolazioni, con particolare attenzione ai gruppi della popolazione più fragili. Durante il corso si è sottolineato come ogni soluzione proposta, a partire dagli scenari idrologici considerando il cambiamento climatico, debba essere valutata anche in termini di resilienza agli shock e allo stress climatico, ossia la capacità di sopravvivere, riprendersi e, se possibile, prosperare in condizioni climatiche mutevoli sfavorevolmente per il nostro ecosistema.

Inoltre, si pone l'accento sull'importanza di considerare le differenze di genere e i gruppi vulnerabili (donne, bambini, anziani e persone con disabilità) nel calcolo dell'impatto delle soluzioni, anche nei futuri scenari di siccità, come gli idrologi stanno facendo da anni per gli eventi alluvionali nella stesura dei piani di emergenza e gestione del rischio da alluvione.

Si accenna poi alla scala globale del problema, evidenziando ad esempio come in molte zone rurali dell'Africa subsahariana, come il Niger, il Mali, l'Etiopia e il Kenya, e in alcune regioni dell'Asia meridionale, come l'India e il Bangladesh, le donne siano spesso responsabili della raccolta e del trasporto dell'acqua per le loro famiglie. Questo implica che debbano affrontare lunghe camminate giornaliere per raggiungere fonti d'acqua affidabili, con conseguenze sulla loro salute, educazione e partecipazione economica. Inoltre, si rilevano disuguaglianze di genere nella gestione delle risorse idriche anche in altre parti del mondo, come nelle zone rurali dell'America Latina o nelle comunità indigene dell'Australia. Tali esempi mettono in luce come le dinamiche di genere siano intrinsecamente connesse all'idrologia e alle questioni legate all'approvvigionamento idrico.

In conclusione, si evidenzia l'importanza di continuare a integrare questi aspetti nelle lezioni di idrologia per garantire un approccio più completo e inclusivo, in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 e con i principi di Equality, Diversity e Inclusion richiesti dall'Unione Europea nell'ambito della ricerca.

#### Bibliografia

<https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf>

[https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/un\\_water\\_policy\\_brief\\_2\\_gender.pdf](https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/un_water_policy_brief_2_gender.pdf)

[https://www.jica.go.jp/activities/issues/gender/practice/ku57pq00002he0oc-att/20150323\\_en.pdf](https://www.jica.go.jp/activities/issues/gender/practice/ku57pq00002he0oc-att/20150323_en.pdf)

Dewidar, O., et al, (2022), Improving equity, diversity and inclusion in academia. *Research Integrity and Peer Review*, <https://doi.org/10.1186/s41073-022-00123-z>

Fröhlich, C. et al.(2018).*Water Security Across the Gender Divide*, Springer International Publishing.

Kalantari H. et al., (2018). Nature-based solutions for flood-drought risk mitigation in vulnerable urbanizing parts of East-Africa, <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.06.0032018>

Kreibich, H, et al, (2022) The challenge of unprecedented floods and droughts in risk management, *Nature*, Vol.608, <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04917-5>

Nardi, F, et al, (2020). Citizens AND HYdrology (CANDHY): conceptualizing a transdisciplinary framework for citizen science addressing hydrological challenges, *Hydrological Sciences Journal*, <https://doi.org/10.1080/02626667>

Promsri C., (2020). Perceived Flood Risk Awareness and Preparedness of Thai Citizens: Gender Comparison, *South Asian Res J Human Soc Sci* , Volume-2, Issue-1,Jan-Feb -2020.

Reise J. et al, (2022). CLIMATE CHANGE Nature-based solutions and global climate protection - Assessment of their global mitigation potential and recommendations for international climate policy, ISSN 1862-4359



# SESSIONE POSTER

14 settembre 2023 (10:30- 13:00)

Aula Magna  
Campus UNIBAS  
Via Lanera, 20

## Il ruolo chiave dell'Osservatorio Raffaelli nel territorio di Casarza Ligure: Gli eventi di maltempo del 2-3 Novembre 2019 e del 2-3 Ottobre 2020

Claudio Monteverde<sup>1</sup>, Cosimo Cagnazzo<sup>1</sup>

(1) *A.P.S. Osservatorio Meteorologico, Agrario, Geologico Prof. Don Gian Carlo Raffaelli dal 1883.*

### *Sommario*

Il continuo riscaldamento globale e i successivi cambiamenti climatici stanno causando, nel corso degli ultimi anni, il ripetersi di condizioni meteorologiche estreme (ondate di caldo anomale, eventi precipitativi intensi in archi temporali brevi, ecc). Di conseguenza, sono in continuo aumento le situazioni di pericolo derivanti dalla mancata tutela del territorio da parte dell'uomo.

Sul bacino del Mediterraneo i cambiamenti climatici sono tendenzialmente più importanti rispetto al resto del Pianeta. Infatti, su queste regioni, l'aumento delle temperature è maggiore del 20% rispetto all'aumento delle temperature medie globali con tale percentuale che aumenta maggiormente se si considera il periodo estivo. Anche il trend delle precipitazioni sta cambiando in maniera preoccupante. Infatti, sta aumentando la frequenza di periodi caratterizzati da prolungata siccità a periodi piovosi molto intensi ma molto brevi.

In Italia, in base agli studi condotti dal CNR-ISAC, le temperature medie annuali sono cresciute negli ultimi due secoli di 1.7°C con un aumento maggiore avvenuto negli ultimi 50 anni di circa 1.4°C. Nelle ultime decadi la temperatura media annuale è risultata superiore a quella annuale media globale, esempio, nel 2007 e 2008 le anomalie rispetto al trentennio 1961-1990 sono state rispettivamente +1.24 e +1.09°C, contro una media globale di 0.67 e 0.53°C (ISPRA, 2009).

Le ripercussioni di tali alterazioni climatiche, combinate tra loro, possono innescare una forte pressione sul sistema sociale ed ecologico di una certa regione.

In questi casi, riveste un ruolo fondamentale la presenza sul territorio di sentinelle in grado di prevedere e monitorare le condizioni meteorologiche ed idrologiche a piccola-media scala e soprattutto allertare la popolazione residente su eventuali situazioni e/o eventi che possano mettere in pericolo le attività antropiche insistenti su una determinata area.

In questo senso, l'Osservatorio Meteorologico, Agrario e Geologico Prof. Don Carlo Raffaelli è una delle sentinelle più longeve (operante dal 1883) d'Italia. La sua attività è di primaria importanza per la salvaguardia del territorio della Liguria se si considera il gran numero di stazioni di monitoraggio meteorologico ed idrologico installate in maniera strategica ed omogenea.

Agli inizi del mese di Novembre del 2019 e agli inizi del mese di Ottobre del 2020 due eventi di intenso maltempo hanno interessato alcune aree attenzionate dall'Osservatorio. In particolare, un grande quantitativo di precipitazioni in brevissimo tempo ha causato molteplici disagi nel territorio di Casarza Ligure (GE) e nelle aree limitrofe.

Questo lavoro di ricerca ha l'obiettivo di studiare gli eventi sopra citati dal punto di vista meteorologico, idrologico e geologico. Esso si sviluppa partendo dalla raccolta di dati acquisiti in sito dalle stazioni meteorologiche ed idrometriche dislocate sull'area di studio per poi analizzare statisticamente tutto il dataset. Inoltre, l'acquisizione e l'elaborazione di immagini satellitari ottiche e SAR (rispettivamente Sentinel-2 e Sentinel-1 della costellazione Copernicus dell'Agenzia Spaziale Europea) ha consentito la visualizzazione a grande scala delle aree colpite dalle frane e dagli allagamenti.

L'integrazione di tali metodologie ha permesso un confronto tra gli eventi accaduti, al fine di comprendere le analogie e/o le differenze in termini meteorologici, idrologici e geologici e i loro impatti sulle aree in esame.

*Bibliografia*

ISPRA, 2009: "Gli indicatori del clima in Italia nel 2008", Rapporto Serie Stato dell'Ambiente n. 12/2009, Anno IV.

Brunetti, M., Maugeri M., Monti F. e Nanni T. 2006: "Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenized instrumental time series", *International Journal of Climatology*, vol. 26:345-381.

Toreti A. e Desiato F., 2008: "Temperature trend over Italy from 1961 to 2004", *Theor. Appl. Climatology*, doi 10.1007/s00704-006-0289-6.

## Private sensors and crowdsourced rainfall data: accuracy and potential for modelling pluvial flooding in urban areas

Kay Khaing Kyaw<sup>1</sup>, Emma Baietti<sup>1</sup>, Cristian Lussana<sup>2</sup>, Valerio Luzzi<sup>3</sup>, Paolo Mazzoli<sup>3</sup>, Stefano Bagli<sup>3</sup>,  
Attilio Castellarin<sup>1</sup>

- (1) *DICAM, University of Bologna, Italy.*
- (2) *Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway.*
- (3) *GECOsistema Srl, 47521 Cesena, Italy.*

### *Sommario*

The increasing frequency of cloudbursts and extreme rainstorms combined with high population densities and soil sealing make urban areas particularly vulnerable to pluvial flooding. Pluvial flood occurs when the rainfall rate exceeds the capacity of storm water management systems and/or the infiltration capacity of the soil. This is usually associated with short-duration precipitation events (of up to three hours) and with rainfalls that exceed 20-25 mm per hour (Prokic et al. (2019)). Accurate spatial representation of these natural phenomena is crucial. Privately owned weather stations are steadily increasing, sometimes significantly higher than the number of weather services sensors, and their distribution follows population density. Therefore, private rain gauging networks represent interesting data sources (crowdsourcing) with huge untapped potential for a high-resolution representation of rainfall fields over urban areas. Crowdsourcing has the potential for contributing to early warning systems and can also provide data for validating flood forecasting models (See, L. (2019)). Our contribution is twofold. First, we assess the accuracy of hourly rainfall data collected by Netatmo private sensors relative to data from the official gauging network of Norway, Sweden, Finland, and Denmark. Second, we focus on Oslo and two recent pluvial flood events that occurred on Jun. 2019, and Aug. 2019; we feed simplified DEM-based and 2D physically based numerical inundation models with rainfall fields generated by combining data from three different sources (a) official rain gauges, (b) Netatmo private sensors, (c) weather radars. Our results show that (1) private sensors have very good skills in rain detection but tend to underestimate the reference value up to ~25%, (2) concerning the simulated inundation maps, rainfall fields derived from bias-corrected crowdsourced rainfall data may be significantly more accurate than those generated from official rain gauges, and as accurate as the fields resulting from the combination radar and official rain gauges data.

### *Bibliografia*

- Prokic, M. N., Savić, S., & Pavić, D. (2019). Pluvial flooding in urban areas across the European continent. *Geographica Pannonica*, 23(4).
- See, L. (2019). A review of citizen science and crowdsourcing in applications of pluvial flooding. *Frontiers in Earth Science*, 7, 44.

## Understanding the impacts of extreme hydro-meteorological events on railway infrastructure

Giada Varra<sup>1</sup>, Gabriele Medio<sup>1</sup>, Luca Cozzolino<sup>1</sup>, Renata Della Morte<sup>1</sup>, Mario Tartaglia<sup>2</sup>, Andrea Fiduccia<sup>3</sup>, Ivan Agostino<sup>4</sup>, Alessandra Zammuto<sup>4</sup>

- (1) *Dipartimento di Ingegneria (DI), Università degli Studi di Napoli Parthenope, Napoli.*
- (2) *FS Research Centre, Ferrovie dello Stato Italiane S.p.A., Firenze.*
- (3) *FS Research Centre, Ferrovie dello Stato Italiane S.p.A., Roma.*
- (4) *Rete Ferroviaria Italiana S.p.A., Roma.*

### *Sommario*

Railway systems are highly exposed to the impacts of hydro-meteorological hazards, such as landslides and flooding due to intense rainfall, which may severely affect its infrastructure and operations. As the magnitude and frequency of extreme weather events is expected to increase due to global climate change, damage and disruption to transport infrastructure, together with the related costs, are also expected to increase (IPCC 2021). In addition, even disregarding climate change, anthropogenic changes in urbanized river valleys can cause a further exacerbation of landslides and flood phenomena triggered by extreme precipitation. These factors contribute to the creation of a rather unsettling scenario for railway operators, which are not directly responsible for the conditions arising in the catchment areas outside their own jurisdiction.

Therefore, a systematic adaptation process is required for enhancing railway resilience to withstand the adverse consequences of unexpected severe hydro-meteorological events (Armstrong et al. 2017). In this view, a good understanding of the physical relationships between weather phenomena, associated hazards, and their possible adverse effects on railway infrastructure is essential for assessing the changing weather-infrastructure risk profiles and for planning adequate risk mitigation interventions.

The present work originates from a collaboration between Parthenope University and Ferrovie dello Stato Italiane, the parent company of the Italian national railway infrastructure manager Rete Ferroviaria Italiana. To better understand the nature of weather-related failures and climate vulnerability, we selected a main railway track in a Southern Italy area that recently suffered performance failures and intense damages due to an extreme hydro-meteorological event.

First, a general inventory of structural (hard) and/or non-structural (soft) adaptation measures for railways to hydrogeological hazards was produced in the context of the Italian National Adaptation Plan (MATTM 2018). Secondly, we investigated the cause-and-effect relations between hydrogeological hazards and damage to railway infrastructure in the specific case study. In particular, the rational visualization and elaboration of spatial data (flood and landslide maps available from the competent Authorities, railway and river network, position of detected past damages to railway infrastructures, hydrodynamic simulation maps) in a Geographic Information System (GIS) environment can provide an effective tool for supporting the identification and assessment of suitable structural and/or non-structural adaptation approaches to undertake in a context of deep uncertainty.

*Bibliografia*

Armstrong, J., Preston, J., Hood, I. (2017). Adapting railways to provide resilience and sustainability. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability 170 (4), 225–234.

IPCC (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)].

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) (2018). Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC).

## Structural equation modelling for the assessment of flood risk perception

Stefania Santoro<sup>1</sup>, Ruggiero Lovreglio<sup>2</sup>, Vincenzo Totaro<sup>3</sup>, Domenico Camarda<sup>3</sup>, Vito Iacobellis<sup>3</sup>, Umberto Fratino<sup>3</sup>

(1) *Water Research Institute of National Research Council (IRSA-CNR)*

(2) *School of Built Environment, Massey University (New Zealand)*

(3) *DICATECh, Polytechnic University of Bari*

### *Summary*

In the field of flood risk management, the assessment of risk perception is becoming of paramount importance. Scientific literature provides evidence about how the influence of social dynamics could modify the effects of floods. Eliciting citizens' risk perception could support a deeper understanding of those elements belonging to the social sphere that can increase the probability of exposure to damaging effects.

One of the main challenges in the field of flood risk management is then represented by the comprehension of how citizens perceive risk and their potential response. Starting from this evidence, this work provides an assessment of citizens' flood risk perception through Structural Equation Model (SEM). This methodology has been applied to the case study of Bari, whose urban area is burdened by structural problems of a hydrogeological nature and is therefore of particular interest for the perspectives of managing complex issues in planning in a fragile area. Input data for risk perception analysis were collected with an online survey carried out in 2020.

The results of the SEM analysis highlight the heterogeneity of the community, bringing out the categories of citizens most exposed to risk, on which specific measures can be acted upon. Direct experience plays a very important role on risk perception, as well as risk communication and awareness activities increase risk knowledge.

This study provides insights and suggestions to support policy makers and disaster managers in establishing more effective management strategies, priority setting, resource allocation and prevention activities in flood risk management.

### *Bibliografia*

Santoro S., Totaro V., Lovreglio R., Camarda D., Iacobellis V., Fratino U. 2022, Risk perception and knowledge of protective measures for flood risk planning. The case study of Brindisi (Puglia region), *Safety Science*, Volume 153, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105791>.

Bubeck, P., Botzen, W.J.W., Aerts, J.C.J.H., 2012. A Review of Risk Perceptions and Other Factors that Influence Flood Mitigation Behavior. *Risk Anal.* 32, 1481–1495. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2011.01783.x>

Fan, Y., Chen, J., Shirkey, G., John, R., Wu, S. R., Park, H., & Shao, C. (2016). Applications of structural equation modeling (SEM) in ecological studies: an updated review. *Ecological Processes*, 5, 1-12.

## Modellazione afflussi-deflussi regionale con post-processing stocastico per la simulazione delle curve di frequenza delle piene

Luca Lombardo<sup>1</sup>, Matteo Pesce<sup>1</sup>, Luigi Cafiero<sup>1</sup>, Larisa Tarasova<sup>2</sup>, Pierluigi Claps<sup>1</sup>, Richard Vogel<sup>3</sup>, Simon Michael Papalexiou<sup>4</sup>, Ralf Merz<sup>2</sup>, Alberto Viglione<sup>1</sup>

- (1) *Dipartimento di Ingegneria per l'Ambiente, il Territorio e le Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino*
- (2) *Department Catchment Hydrology, Helmholtz-Centre for Environmental Research – UFZ, Lipsia, Germany*
- (3) *Department of Civil and Environmental Engineering, Tufts University, Medford- MA, USA.*
- (4) *Civil Geological and Environmental Engineering, University of Calgary, Calgary, Canada.*

### *Sommario*

Il sistema climatico, nel mantenere la sua attuale traiettoria di riscaldamento, fa sì che anche precipitazioni e temperature siano fortemente influenzate nei loro estremi. Esiste una generale preoccupazione riguardo al fatto che il cambiamento climatico possa influenzare anche la frequenza e intensità delle alluvioni e che le opere idrauliche e i sistemi di difesa fluviali già esistenti o programmati possano divenire inadeguati nel fornire il necessario livello di sicurezza nel prossimo futuro. Allo stesso tempo, i cambiamenti nell'utilizzo del suolo e dei corsi fluviali hanno anche influenzato, stanno influenzando ed influenzeranno le piene in futuro.

I modelli deterministici afflussi-deflussi sono usati in quasi tutta la pianificazione idrologica e nelle attività di gestione fluviale e, in teoria, possono tenere conto dei cambiamenti nelle forzanti e nei processi indotti dai cambiamenti climatici e ambientali. Allo stesso tempo, questi modelli non sono così facilmente trasferibili in località non monitorate e non possono riprodurre adeguatamente i quantili degli estremi ottenuti con i modelli statistici comunemente accettati. Il nostro obiettivo è l'accoppiamento di una nuova metodologia per la calibrazione regionale dei parametri di un modello idrologico basata su tecniche di machine learning, che permette la calibrazione in modo distribuito su elevate estensioni areali, con un approccio in post-processing per aggiungere un errore stocastico alle predizioni deterministiche del modello per ridurre il bias nelle stime degli estremi di portata.

Le domande della ricerca sono le seguenti:

Quanto accuratamente l'analisi stocastica in post-processing del modello deterministico, sviluppato per riprodurre dinamiche fluviali giornaliere, può riprodurre le statistiche relative agli estremi ottenibili con l'analisi di frequenza delle piene?

Quanto possono risultare accurati gli output di un modello regionale afflussi-deflussi se comparati con un'analisi regionale di frequenza delle piene?

Alcuni risultati preliminari dell'attività di ricerca, inserita all'interno del progetto *RETURN* del *PNRR*, saranno presentati e discussi durante la presentazione.

### *Bibliografia*

Papalexiou, S.M. (2018). Unified theory for stochastic modelling of hydroclimatic processes: Preserving marginal distributions, correlation structures, and intermittency

Merz, R., Tarasova, L., & Basso, S. (2020), Parameter's controls of distributed catchment models—How much information is in conventional catchment descriptors?

Shabestanipour, G., Brodeur, Z., Farmer, W. H., Steinschneider, S., Vogel, R. M., & Lamontagne, J. R. (2023). Stochastic watershed model ensembles for long-range planning: Verification and validation. *Water Resources Research*

## Pavimentazioni drenanti: monitoraggio della permeabilità in sito e indagini di laboratorio all'interno del progetto URCA!

Margherita Evangelisti<sup>1</sup>, Francesca Cozzolino<sup>1</sup>, Margherita Altobelli<sup>1</sup>, Marco Maglionico<sup>1</sup>, Patrizia Piro<sup>2</sup>,  
Michele Turco<sup>2</sup>, Stefania Anna Palermo<sup>2</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM), Università di Bologna, Bologna*

(2) *Dipartimento di Ingegneria Civile (DINCI), Università della Calabria, Rende*

### *Sommario*

Il dilavamento delle superfici urbane, quali strade e aree di sosta, durante gli eventi meteorici, è una delle cause dell'impatto idraulico e ambientale generato dai sistemi fognari sui corpi idrici ricettori. Tale problematica è destinata ad accentuarsi in conseguenza dei cambiamenti climatici responsabili, in molte aree, dell'incremento sia della frequenza di eventi meteorici estremi sia del tempo secco medio tra i diversi eventi pluviometrici.

La mitigazione di tale problematica ha imposto, a livello globale, lo studio di tecnologie a basso impatto che, imitando le funzioni naturalmente svolte dalla natura (Nature Based Solutions – NBS), permettono la riduzione quantitativa dei deflussi e un miglioramento delle relative caratteristiche qualitative.

Una di queste tecnologie è rappresentata dalle pavimentazioni permeabili, le cui caratteristiche prestazionali sono parte essenziale di una gestione sostenibile delle acque meteoriche.

Uno degli obiettivi del progetto URCA! Urban Resilience to Climate change: Activation of participatory mapping and decision support tool for enhancing the sustainable urban drainage) finanziato nel programma PRIN 2020, sviluppato nel WP5 del progetto, è quello di studiare e approfondire la capacità di rimozione, propria delle pavimentazioni permeabili, nei confronti di inquinanti inorganici contenuti nelle acque di dilavamento.

In questo studio sono presentati i risultati di una intensa attività sperimentale condotta su parcheggi drenanti esistenti, presenti nella città di Fano, il cui obiettivo principale è stimarne l'efficacia attraverso prove di permeabilità. Le aree di studio sono state selezionate nell'ottica di individuare l'influenza dell'età del manufatto e della sua tipologia costruttiva sulla permeabilità delle stesse; anche il tempo secco antecedente la prova e la tipologia di riempimento sono variabili considerate per le successive analisi. I coefficienti di permeabilità sono stati stimati attraverso un numero totale di 60 prove di permeabilità.

Contestualmente, sono mostrati i primi risultati delle prove sperimentali condotte su un prototipo di pavimentazione permeabile realizzato presso il Laboratorio di Ingegneria Idraulica LIDR dell'Università di Bologna, in collaborazione con l'Università della Calabria, reso necessario per indagare in modo controllato le proprietà prestazionali in termini qualitativi proprie del pacchetto, tra cui la capacità di rimozione di inquinanti contenuti nelle acque di dilavamento.

Le tipologie e le dimensioni degli strati del prototipo sono stati messi a punto in accordo con il report CIRIA e con le Linee guida del Comune di Bologna 2018; per simulare il processo di dilavamento delle sostanze, è stato realizzato un generatore di pioggia che consente di simulare una precipitazione distribuita in modo uniforme sulla superficie e di selezionare l'intensità di pioggia regolando la portata in mandata. Il prototipo è infine dotato di diversi strumenti di misura per il controllo della portata in arrivo e in uscita.

*Bibliografia*

Cipolla, S.S., Maglionico, M. and Stojkov, I. (2016), Experimental Infiltration Tests on Existing Permeable Pavement Surfaces. *Clean Soil Air Water*, 44: 89-95. <https://doi.org/10.1002/clen.201400550>

Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., Shaffer, P., Wallingford, H.R., Woods-Ballard, B.: Construction Industry Research and Information Association, Great Britain, Department of Trade and Industry, Environment Agency. The SUDS manual, Ciria, London C697 (2015)

Marshall, J. D. (2007). Urban Land Area and Population Growth: A New Scaling Relationship for Metropolitan Expansion. *Urban Studies*, 44(10), 1889–1904.

Turco, M., Brunetti, G., Porti, M., Grossi, G., Maiolo, M., Piro, P. (2019). Metals Potential Removal Efficiency of Permeable Pavement. In: Mannina, G. (eds) *New Trends in Urban Drainage Modelling*. UDM 2018. Green Energy and Technology. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99867-1\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99867-1_29)

## Non-stationary flood frequency analysis: case study in the Po river basin

Luigi Cafiero<sup>1</sup>, Paola Mazzoglio<sup>1</sup>, Alberto Viglione<sup>1</sup>, Francesco Laio<sup>1</sup>

(1) Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino

### *Sommario*

Regional analyses are methods for runoff predictions in ungauged basins [1]. This abstract emphasizes the need for new approaches that incorporate the changing climate conditions into runoff predictions in ungauged basins [2]. The traditional approach to regionalization enables the estimation of hydrological variables under stationary conditions. However, in the face of climate change, it becomes crucial to develop innovative techniques that consider the non-stationarity of climate variables.

As part of a project in collaboration between universities and the Po basin authority, different approaches including regionalization procedures are used to characterize the hydrological extremes in the Po river basin. In particular, we use the Spatially Smooth Regional Estimation method, which is based on multiregressive estimation of L-moments without requiring the definition of homogeneous regions [3].

In order to include the non-stationarity to the results obtained with the SSEM methodology, we compare the rainfall and flood quantiles for each sub-basin, obtaining a relationship between these two variables [4]. Afterwards, we use this relationship to estimate the shift of flood quantiles as a consequence of a change in extreme rainfall according to CORDEX models.

The results obtained suggest the presence of a systematic shift of the flood frequency curves towards higher values for all the 98 sites of Piemonte in the Po River basin.

### *Bibliografia*

[1] Blöschl, G., Sivapalan, M., Wagener, T., Viglione, A., & Savenije, H. (Eds.) (2013) *Runoff Prediction in Ungauged Basins: Synthesis across Processes, Places and Scales*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139235761

[2] Yang, X., Magnusson, J., and Xu, C. (2019) Transferability of regionalization methods under changing climate. *Journal of Hydrology*, 568, 67-81, doi:10.1016/j.jhydrol.2018.10.030

[3] Laio, F., D. Ganora, P. Claps, and G. Galeati (2011) Spatially smooth regional estimation of the flood frequency curve (with uncertainty), *Journal of Hydrology*, 408, 67-77. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.07.022

[4] Breinl, K., Lun, D., Wagener, T., Müller-Thomy, H., & Blöschl, G. (Eds.) (2013) Understanding the relationship between rainfall and flood probabilities through combined intensity-duration-frequency analysis. *Journal of Hydrology*, 602, doi:10.1016/j.jhydrol.2021.126759

## Effetti di scala sui meccanismi di formazione del ruscellamento superficiale in un bacino sperimentale

Biagio Sileo<sup>1</sup>, Silvano Fortunato Dal Sasso<sup>1</sup>, Ruggero Ermini<sup>1</sup>, Mauro Fiorentino<sup>1</sup>,  
Salvatore Manfreda<sup>2</sup>, Maria Rosaria Margiotta<sup>3</sup>, Beniamino Onorati<sup>3</sup>

(1) *Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo (DICEM), Università della Basilicata, Matera*

(2) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA), Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli*

(3) *Scuola di Ingegneria (SI), Università della Basilicata, Potenza*

### *Sommario*

Il bacino oggetto di studio è quello della Fiumarella di Corleto, affluente del fiume Sauro, tributario dell'Agri, tra i principali corsi d'acqua lucani.

Il presente lavoro analizza il meccanismo di formazione del deflusso superficiale, in particolar modo la sua variabilità in riferimento alla valutazione dell'influenza che la dimensione del bacino (32,5 km<sup>2</sup>) esercita. Il sottobacino (0,65 km<sup>2</sup>) è costituito da una zona omogenea sia in termini di uso del suolo sia per caratteristiche dello stesso.

Le serie storiche dei dati a disposizione per il bacino principale sono di circa 20 anni, mentre per il sottobacino di 16 anni. Dalle medesime sono stati ricostruiti ed, in seguito, analizzati solo alcuni tra i più significativi eventi di piena.

L'analisi effettuata ha permesso di comprendere meglio la dinamica di generazione del deflusso e delle sue componenti. Attraverso il confronto dei dati, si evince un primo effetto scala sui valori assunti dai coefficienti di punta nei due bacini, rispetto alle piogge e al contenuto di umidità del suolo.

Del resto, la grande differenza, in termini di estensione dell'area in cui si sviluppa la piena, mostra, come c'era da attendersi, una diversa dinamica evolutiva in riferimento alla velocità di esaurimento dell'evento idrologico.

Il bacino grande, infatti, mostra una marcata variabilità territoriale, con la presenza di grandi aree agricole. Il sottobacino, invece, è caratterizzato da una fitta vegetazione, a cui, probabilmente, è possibile imputare le difformità presenti nel bilancio idrologico al suolo e, conseguentemente, nei volumi d'acqua trattenuti. Ciò mostra l'esistenza di valori soglia il cui effetto è più evidente nel sottobacino che nel bacino grande.

### *Bibliografia*

Dunne T., Field studies of hill slope flow processes, 1978.

Horton R.E., An approach toward a Physical interpretation of infiltration capacity, 1940.

Manfreda S., Fiorentino M. & Iacobellis V., DREAM: a Distributed model for Runoff, Evapotranspiration and Antecedent soil Moisture simulation. Adv. Geosc., 2005, 2, 31-39.

Manfreda S., Giordano C. & Iacobellis V., Stima dei deflussi di base mediante un filtro fisicamente basato. Giornata di Studio: Metodi Statistici e Matematici per l'Analisi delle Serie Idrologiche, edited by D. Piccolo & L. Ubertini, 2003, pp. 247-258, Roma.

Onorati B., Margiotta M.R., Carriero D., Manfreda S. & Fiorentino M., Experimental evidence on runoff generation mechanisms. AMHY-FRIEND International Workshop on Hydrological Extremes, University of Calabria, Cosenza. Giugno 2007.

Onorati B., Margiotta M.R., Sileo B. & Dal Sasso S.F., Aggiornamento sulle attività di monitoraggio e di studio del comportamento idrologico del bacino "Fiumarella di Corleto". XXXVII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche Reggio Calabria, Settembre 2022

## GIS-Based automatic procedure for the assessment of expected damage to buildings in flood-prone areas

Giulia Mazzaccaro<sup>1</sup>, Giorgio Boni<sup>1</sup>, Silvia De Angeli<sup>1</sup>, Bianca Federici<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA), Università di Genova, Genova*

### *Sommario*

Flood damage assessment is a fundamental step in all phases of flood risk management. There are basically two methods in the literature for carrying out flood damage estimations: a) direct survey of the incurred loss [e.g. 1] and b) using what are known as depth-damage (or vulnerability) functions which describe the damage for a given inundation depth and/or duration [e.g. 2, 3]. Method a) is mainly used in the mitigation/preparedness phases while method b) can be used in all phases of the risk management cycle.

Concerning method b), two main difficulties can be encountered which complicate the application of the method on large scales: vulnerability curves are often defined at building scale and then coupling curve/exposed element is usually done in a supervised way, significantly lengthening the application times. Furthermore, the definition of the representative flood depth for the calculation of the damage to each exposed element is not straightforward even when flood maps made with advanced hydraulic models are available.

The aim of this paper is to develop an effective and unsupervised GIS-Based tool to estimate flood damages and losses to buildings in urban environments. The tool, implemented in QGIS, maps the taxonomy of official cartographies of built areas on the taxonomies of main databases of flood vulnerability curves. It allows obtaining grading maps showing flood impacts, both in terms of percentage and economic damage, for each exposed asset.

In the example provided, the taxonomies of the official cartography of the built environment by the Liguria Region of Italy (downloadable here: [geoportal.regione.liguria.it/catalogo/mappe.html](http://geoportal.regione.liguria.it/catalogo/mappe.html)) and that of the JRC vulnerability curves [3] are automatically matched. The sensitivity of the damage assessment to flood mapping methods is also investigated.

The plugin, written in Python can be easily modified allowing the matching between taxonomies of any couple building footprint maps/vulnerability curves. The plugin can be downloaded here: <https://github.com/LabGeomatica>

### *Bibliografia*

Shrestha BB, Kawasaki A, Zin WW. Development of flood damage assessment method for residential areas considering various house types for Bago Region of Myanmar. *Int J Disaster Risk Reduct* 2021;66:102602. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102602>

FEMA, 2021. Hazus Flood Model Technical Manu. Federal Emergency Management Agency, Washington. [https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema\\_hazus-flood-model-technical-manual-5-1.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_hazus-flood-model-technical-manual-5-1.pdf), accessed July 2023

Huizinga, J., Moel, H. de, Szewczyk, W., 2017, "Global flood depth-damage functions. Methodology and the database with guidelines", EUR 28552 EN. doi: 10.2760/16510.

# Leveraging the Potential of Bioretention Cells to Tackle Urban Flooding

through an Innovative Web-GIS Approach

Shaahin Nazarpour Tameh<sup>1</sup>, Ilaria Gnecco<sup>1</sup>, Anna Palla<sup>1</sup>

(1) Department of Civil, Chemical and Environmental Engineering, University of Genova

## *Abstract*

Urban flooding has become a prominent concern due to the inadequacy of existing grey infrastructure in effectively managing the adverse effects of urbanization and climate change.

Low-impact development (LID) is an increasingly popular strategy to manage urban stormwater for individual properties, but the aggregate effect on runoff control at the urban catchment scale is nowadays an open issue among researchers (Palla and Gnecco, 2022).

Among LID practices Bioretention Cells (BRCs) are promising solutions commonly used in urban settings to improve the water quality and mitigate the hydrological effects of stormwater

runoff (e.g. Lisenbee et al., 2021; Nazarpour et al., 2023).

This study aims to examine the effectiveness of BRCs () at the catchment scale by means of a Decision Support Tool (DST) implemented in the web-GIS application namely TRIG Eau platform recently developed within the homonymous INTERREG IT-FR Maritime Programme project (Palla and Gnecco, 2021). The web-GIS application (available online at <http://www.trigeau.servergis.it/>) refers to a non-specific urban area that is simplified into two typologies of sub-catchments (streets and residential) with an extension of 2 ha. In the framework of Res-Eau project (the capitalisation project of TRIG Eau), the platform is updated in order to include the BRC solution as mitigation strategy. Modelling scenarios include four degrees of urbanization, four precipitation regimes, three drainage network configurations, and a specific BRC conversion scenario. Furthermore, for each precipitation regime, three return periods of the rainfall event are investigated.

The evaluation of the BRC's effectiveness is conducted by analysing both the system and hydrologic performance based on the following indexes: the Network Stress Reduction (NSR), the Node Flooding Reduction (NFR), the Volume Reduction (VR) and the Peak Reduction (PR). The simulations are carried on implementing the BRCs to manage solely on road surface runoff with a ratio between the BRC and the contribution drainage area equal to 18%. Based on such conversion scenario, the results reveal that the BRC is highly effective in mitigating the negative impacts of extreme rainfall events. As an example, in the 90% degrees of urbanization the BRC conversion scenario provide the following performance: the NFR, VR

and PR are equal to 28%, 23% and 10% respectively for a 10-year return period rainfall event.

## *Bibliography*

Lisenbee, W. A., Hathaway, J. M., Burns, M. J., Fletcher, T. D. (2021). Modeling bioretention stormwater systems: Current models and future research needs. *Environmental Modelling & Software*, 144, 105146.

Nazarpour, S., Gnecco, I., Palla, A. (2023). Evaluating the Effectiveness of Bioretention Cells for Urban Stormwater Management: A Systematic Review. *Water* 15(5), 913.

Palla, A., Gnecco, I. (2021). The web-GIS platform TRIG Eau to assess the urban flood mitigation by domestic rainwater harvesting systems in two residential settlements in Italy. *Sustainability*, 13 (13), 7241.

Palla, A., Gnecco, I. (2022). On the Effectiveness of Domestic Rainwater Harvesting Systems to Support Urban Flood Resilience. *Water Resources Management* 36, 5897–5914.

## Analisi comparativa degli eventi alluvionali storici nei bacini idrografici del Danubio e del Meno tra il 1845 e il 1950

Miriam Bertola<sup>1</sup>, Marlene Haas<sup>1</sup>, Jürgen Komma<sup>1</sup>, Günter Blöschl<sup>1</sup>

(1) *Istituto di Ingegneria Idraulica e gestione delle Risorse Idriche, Università Tecnica di Vienna, Karlsplatz 13, 1040 Vienna, Austria*

### *Sommario*

Gli eventi di piena storici, verificatisi prima dell'inizio della registrazione sistematica dei deflussi, rappresentano informazioni preziose che dovrebbero essere considerate nelle analisi di frequenza delle piene. Tuttavia, nella maggior parte dei casi, i dati storici sono ancora conservati in volumi stampati e pertanto non facilmente accessibili e pronti all'uso per le analisi idrologiche. L'obiettivo di questo studio è mostrare il valore aggiunto del recupero e dell'inclusione dei dati storici nelle analisi della pericolosità alluvionale. In questo studio un dataset delle maggiori alluvioni storiche nel bacino idrografico del Danubio e del Meno in Austria e Germania tra il 1845 e il 1950 è stato raccolto, digitalizzato e compilato a partire da documenti, pubblicazioni e volumi storici degli annali idrologici. Il nuovo dataset contiene misure di portata e di livello idrico in diverse sezioni di chiusura nei due bacini idrografici in oggetto, per rispettivamente 13 e 9 eventi di piena. Grazie al dataset sviluppato, è stata eseguita un'analisi comparativa degli eventi di piena storici in termini delle loro caratteristiche spaziali, temporali e causali.

Gli eventi associati con portate più elevate nella parte inferiore dei due bacini sono stati gennaio/febbraio 1862, dicembre/gennaio 1882/1883, luglio/agosto 1897 e settembre 1899 per il Danubio e marzo/aprile 1845, dicembre/gennaio 1882/1883 e gennaio 1920 per il Meno. La distribuzione spaziale dei picchi di portata durante gli eventi è stata analizzata e confrontata ed i sottobacini che hanno contribuito principalmente agli elevati deflussi di piena sono stati identificati. Ad esempio, nell'evento del 1845, la maggior parte del deflusso proveniva dalla parte bavarese del bacino fino a Passau, mentre nell'evento del 1899 il contributo principale proveniva dall'Inn. Anche i dati di precipitazione giornaliera per il mese precedente e durante gli eventi di piena sono stati digitalizzati da documenti storici. Le serie cumulate delle precipitazioni medie e della portata sono state ottenute e confrontate per alcuni sottobacini del Danubio.

I risultati mostrano che gli eventi storici selezionati sono stati tra gli eventi più grandi rispetto alle serie sistematiche di portata corrispondenti. Tuttavia, questi eventi storici differiscono tra loro significativamente in termini di caratteristiche spaziali, temporali e causali. I dati relativi agli eventi storici raccolti e digitalizzati ed i risultati di questo studio possono essere utili per approfondire la comprensione dei processi che causano i grandi eventi alluvionali nei due bacini e migliorare le stime di portata degli eventi estremi.

## La formazione dei super-eventi piovosi nell'area occidentale di Napoli

### Strategie di mitigazione del rischio

Giuseppe Ascione<sup>1</sup>, Alberto Fortelli<sup>1</sup>, Francesco De Paola<sup>2</sup>, Francesco Pugliese<sup>3</sup>, Giuseppe Speranza<sup>1</sup>,  
Nunzio Marrone<sup>4</sup>, Maurizio Giugni<sup>5</sup>

*(1) Temporary Research Fellow, DICEA - Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Naples, Italy*

*(2) Associate Professor, DICEA - Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Naples, Italy*

*(3) Research Fellow, DICEA - Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Naples, Italy*

*(4) Research Gant, DICEA - Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Naples, Italy*

*(5) Full Professor, DICEA - Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Naples, Italy*

#### *Sommario*

Gli eventi meteorologici estremi rappresentano una causa determinante delle sempre più frequenti manifestazioni di dissesto idrogeologico che hanno investito il territorio italiano negli ultimi anni, causando catastrofici danni alle attività socio-economiche e purtroppo anche numerose vittime. Risulta, pertanto, di decisiva importanza riuscire a prevederne, con sufficiente anticipo, l'arrivo e l'intensità su una determinata area geografica. Negli ultimi anni, con la diffusa possibilità di utilizzo in tempo reale delle tecniche di *remote sensing* e di flussi dati rilevati da centraline elettroniche, questo obiettivo viene perseguito principalmente mediante tecniche di *nowcasting* e approcci di tipo probabilistico mediante *Machine Learning* (Pirone et al., 2023). Tuttavia, per comprendere i fenomeni alluvionali, è necessario analizzare non solo gli aspetti idrologici al suolo, ma anche le dinamiche atmosferiche che determinano eventi meteorici intensi, la cui distribuzione spaziale è generalmente complessa (Fortelli et al., 2019). Nel presente lavoro, si studia l'evoluzione di differenti eventi convettivi estremi verificatisi tra il 2001 ed il 2023 sull'area della Città Metropolitana di Napoli, analizzando i processi termodinamici che ne sono stati causa generatrice. La previsione dei fenomeni convettivi di intensità estrema, per la notevole difficoltà di inquadramento precoce della situazione meteorologica che conduce alla loro genesi, può essere considerata un fattore determinante per conseguire una mitigazione delle loro conseguenze più severe, foriere di eventi alluvionali rapidi e diffusi (*flash floods*). Si è, infatti, riscontrato come le tradizionali tecniche di previsione non siano pienamente efficaci in quanto la modellistica meteorologica, anche in termini di Modelli ad Area Limitata (Limited Area Model, LAM), non consente di definire i dettagli spazio-temporali necessari per un'efficace determinazione dell'occorrenza e dell'intensità degli eventi meteorici estremi (Collier, 2007).

L'area geografica di Napoli oggetto di studio, in particolare le zone occidentali (Campi Flegrei), è frequentemente interessata da super-eventi a base convettiva, anche a seguito dell'interferenza tra i flussi aerei delle medio-basse quote troposferiche e la presenza del Monte Epomeo (789 m s. l. m. m.) sulla vicina isola di Ischia (circa 15-20 km a Sud-Ovest dell'area flegrea). Questo rilievo, infatti, presenta una forma quasi piramidale che in letteratura viene associata ad una marcata cumulogenesi sottovento. Tale geometria del rilievo del Monte Epomeo, quando le correnti nei bassi strati assumono una specifica direzione di provenienza, comporta la possibilità di sviluppo di sistemi convettivi autorigeneranti (V-shaped storms), apportatori di significative quantità di pioggia (Houze, 2012)

Le metodologie di previsione modellistica a breve/brevissimo termine e di *nowcasting* non sono sempre del tutto affidabili, in quanto tali modelli sottostimano, o trascurano completamente, l'indubbia e significativa influenza che l'orografia esercita sulle dinamiche di sviluppo e di evoluzione dei sistemi convettivi apportatori di super-eventi pluviometrici.

Stante tale incertezza, risulta quanto mai opportuno integrare il quadro informativo di tipo previsionale con i dati rilevati da una diffusa rete di monitoraggio pluviometrico e con misure acquisite ed analizzate in real-time (sia da operatori specializzati, che da algoritmi "intelligenti" in grado di delineare la probabile risposta idrologica del territorio), prevedendo anche una o più postazioni pluviometriche a monte dell'area potenzialmente a rischio alluvione (cintura di pluviometri "sentinella"). La disponibilità dei suddetti dati, infatti, consentirà l'innalzamento dei livelli di sicurezza nelle aree esposte a rischio di alluvioni improvvise. I fenomeni convettivi sono caratterizzati numerosi fattori di criticità: tra di essi la grande incertezza nella identificazione preventiva dell'area di attivazione e l'estrema rapidità di evoluzione; considerati i valori di rain rate che possono realizzarsi durante un evento convettivo (con rate istantanei che riportati all'intensità oraria possono anche raggiungere diverse centinaia di mm/h) la loro gestione complessiva in termini di mantenimento di condizioni di sicurezza sul territorio investito, non può limitarsi ad un approccio previsionale classico, anche se realizzato mediante output di LAM, ma deve basarsi su misure pluviometriche ad elevata frequenza di campionamento e diffusione spaziale spinta. L'occorrenza di fenomenologie estreme su base convettiva, stante la limitatezza dei tempi a disposizione per le operazioni di messa in sicurezza (per es.: evacuazione delle aree a rischio) impone la necessità di un allertamento della popolazione quanto più precoce possibile (Early Warning). Nell'ambito di questo anticipo andrà a collocarsi l'attivazione di più efficaci procedure operative di Protezione Civile atte a fronteggiare le correlate forme di emergenza idrologica.

### *Bibliografia*

Efstratiadis, A., Koutsoyiannis, D. (2010). One decade of multiobjective calibration approaches in hydrological modelling: a review. *Hydrological Sciences Journal*, 55 (1), 58–78.

Fortelli A., Scafetta N., Mazzarella A. (2019). Nowcasting and real-time monitoring of heavy rainfall events inducing flash floods: an application to Phlegraean area (Central-Southern Italy). *Natural Hazards* - 97(622).

Houze RA Jr (2012). Orographic effects on precipitating clouds. *Rev Geophys* 50:1–47

C. G. Collier (2007). Flash flood forecasting: What are the limits of predictability? *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. <https://doi.org/10.1002/qj.29>

Pirone D., Cimorelli L., Del Giudice G., Pianese D. (2023). Short-term rainfall forecasting using cumulative precipitation fields from station data: a probabilistic machine learning approach. *Journal of Hydrology*, 617B, 128949. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2022.128949

## Valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici a scala d'evento: un'applicazione su un bacino del Sud Sardegna

Dario Ruggiu, Clorinda Cortis, Sara Frongia, Felice Mottura, Enrica Perra, Domenico Caracciolo, Aldo Orrù, Saverio Liberatore

*Servizio Idrogeologico e Idrografico, Dipartimento Geologico, ARPA Sardegna, Cagliari*

### *Sommario*

La valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici sull'area del Mediterraneo riveste particolare importanza per la definizione delle strategie di adattamento. Numerosi studi basati su modelli climatici globali e regionali, infatti, mostrano come quest'area sia particolarmente a rischio per effetto del riscaldamento globale (Giorgi, 2006; IPCC, 2022; Cudennec et al., 2007). Tali modelli prevedono un aumento delle temperature, una diminuzione delle precipitazioni e un'intensificazione degli eventi estremi che potrebbero comportare variazioni nella disponibilità della risorsa idrica e determinare gravi conseguenze sul territorio.

In questo lavoro, sviluppato nell'ambito della *Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SRACC)* della Regione Autonoma della Sardegna (RAS), vengono valutati gli effetti dei cambiamenti climatici sulla risposta idrologica di un bacino del Mediterraneo di medie dimensioni, il Flumini Mannu di Cagliari, situato nel Sud Sardegna e che interessa diversi importanti centri urbani. L'analisi è stata effettuata a scala di evento attraverso un modello afflussi-deflussi concettuale spazialmente distribuito, con lo scopo di investigare l'entità della risposta idrologica generata dal previsto incremento dell'intensità delle piogge. La forzante meteorologica futura è stata generata in maniera sintetica utilizzando diverse ipotesi di incremento delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (Marras et. al. 2021).

I preliminari risultati finora ottenuti mostrano come l'aumentare dell'intensità degli eventi estremi, a cui corrisponde un incremento della portata al colmo, determini un incremento del rischio idraulico a valle in un'area altamente urbanizzata come quella dell'hinterland cagliaritano, implicando, nell'ottica dell'adattamento ai cambiamenti climatici, la necessità di una revisione della pianificazione territoriale.

### *Bibliografia*

Cudennec, C., Leduc, C., Koutsoyiannis, D. (2007). Dryland hydrology in Mediterranean regions – a review. *Hydrolog. Sci. J.*, 52, 1077- 1087.

Giorgi, F. (2006). Climate change hot-spots, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L08707.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., Rama, B. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

Marras, P. A., Lima, D. C., Soares, P. M., Cardoso, R. M., Medas, D., Dore, E., De Giudici, G. (2021). Future precipitation in a Mediterranean island and streamflow changes for a small basin using EURO-CORDEX regional climate simulations and the SWAT model. *Journal of Hydrology*, 603, 127025.

## Characterization of 1-hour maximum rainfall values in Italy by means of the ERA-5 reanalysis

Roberto Coscarelli<sup>1</sup>, Francesco Chiaravalloti<sup>1</sup>, Tommaso Caloiero<sup>2</sup>

(1) *Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI) - Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Rende (CS).*

(2) *Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo (ISAFoM) - Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Rende (CS).*

### *Sommario*

Heavy precipitation events are likely to become more frequent in most parts of Europe; yet, records of hourly precipitation are often insufficient to study trends and changes in heavy rainfall. Atmospheric reanalyses are an important source of long-term meteorological data, often considered as a solution to overcome the unavailability of direct measurements. The reanalysis procedure makes use of a large amount of heterogeneous historical observations, both sensed and remotely measured (in situ, satellite, etc), assimilated within a dynamical model to reconstruct the state of the atmosphere, land surface and oceans in the past. Among the available reanalyses, the ERA5 dataset (Hersbach et al. 2020), released by the ECMWF, can be considered one of the state-of-the-art products. Atmospheric and surface variables are provided hourly, from 1950 to almost real time, with a horizontal resolution of 31 km. The land model of the ERA5, driven by the downscaled meteorological forcing from the lowest ERA5 model level, and with an elevation correction for the thermodynamic near-surface state (Dutra et al. 2020), is also used to derive the ERA5-land dataset, characterized by a higher spatial resolution (9 km) and finer precipitation distribution details (Muñoz-Sabater et al. 2021).

In this paper, data from the ERA5-land reanalysis dataset were used to characterize the 1-hour maximum yearly rainfall values in Italy. Specifically, 3215 grid series of 1-hour rainfall for the period 1950-2020 have been first extracted. Then, for each grid series the 71 1-hour maximum yearly rainfall values have been evaluated. Moreover, the time frame 1950-2020 has been divided into several intervals, and for each one, the frequency distribution of the months recording the annual maxima was calculated. Finally, a cluster analysis has been performed to evaluate the area with a similar monthly distribution of these values.

### *Bibliografia*

Dutra, E., Muñoz-Sabater, J., Bousssetta, S., Komori, T., Hirahara, S., Balsamo, G. (2020) Environmental Lapse Rate for High-Resolution Land Surface Downscaling: An Application to ERA5. *Earth and Space Science* 7(5): e2019EA000984.

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., et al. (2020) The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 146(730): 1999–2049.

Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., et al. (2021) ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth System Science Data* 13(9): 4349–4383.

## Indagine sull'affidabilità delle Curve di Probabilità Pluviometrica (CPP) in Sicilia

Dario Treppiedi<sup>1</sup>, Giuseppe Cipolla<sup>1</sup>, Antonio Francipane<sup>1</sup>, Marcella Cannarozzo<sup>1</sup>, Leonardo Valerio Noto<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo, 90128 Palermo, Italia*

### *Sommario*

Negli ultimi decenni gli eventi estremi di precipitazione sono diventati sempre più frequenti ed intensi nel territorio Siciliano, soprattutto alle durate sub-giornaliere e sub-orarie (Treppiedi et al., 2021). Ciò comporta, necessariamente, un maggiore rischio di insufficienza idraulica delle infrastrutture esistenti (ad esempio i sistemi di drenaggio urbano) e una maggiore consapevolezza della bassa affidabilità delle piogge di progetto calcolate con riferimento ai dati storici registrati nell'ultimo secolo. In quest'ottica, il presente studio mette in discussione l'ipotesi di stazionarietà delle Curve di Probabilità Pluviometrica (CPP) comunemente utilizzate in Sicilia, la più grande isola del Mediterraneo. In particolare, in una prima fase di analisi sono state derivate le altezze di pioggia critiche per le durate canoniche (1, 3, 6, 12 e 24 ore) e per i tempi di ritorno di 5, 10 e 20 anni dal metodo regionale più aggiornato per la Sicilia (Forestieri et al., 2018), basato sulle osservazioni del periodo 1928-2010. Quindi, sono stati contati i superamenti di tali soglie nelle serie storiche fornite da un dataset ad alta risoluzione relativo al periodo 2002-2022 dal Sistema Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS). Da questi primi risultati è stato osservato un numero di superamenti dei quantili di pioggia nettamente superiore rispetto a quello atteso, stimato mediante l'utilizzo di una distribuzione binomiale, soprattutto per le durate ed i tempi di ritorno più bassi. A partire da questi risultati, è stata effettuata un'analisi comparativa tra i quantili ottenuti con il metodo regionale e quelli ottenuti dalle nuove serie mediante la classica regolarizzazione dei quantili per la costruzione delle CPP, largamente utilizzata in ambiti ingegneristici e professionali. I risultati hanno mostrato una notevole sottostima dei quantili di pioggia calcolati con l'approccio regionale, soprattutto in corrispondenza delle durate più brevi e dei bassi periodi di ritorno. Ciò significa che le nuove opere idrauliche dovrebbero essere progettate con riferimento a periodi di ritorno più lunghi rispetto al recente passato, mentre quelle attualmente esistenti potrebbero subire un maggiore rischio di insufficienza idraulica. Le future indagini su questo aspetto sono fondamentali per migliorare l'efficacia della gestione dei sistemi idraulici urbani e per individuare i rischi idrologici in un contesto di cambiamento climatico.

### *Bibliografia*

Treppiedi, D.; Cipolla, G.; Francipane, A.; Noto, L.V. Detecting Precipitation Trend Using a Multiscale Approach Based on Quantile Regression over a Mediterranean Area. *Int. J. Clim.* 2021, 41, 5938–5955.

Forestieri, A.; Lo Conti, F.; Blenkinsop, S.; Cannarozzo, M.; Fowler, H.J.; Noto, L.V. Regional Frequency Analysis of Extreme Rainfall in Sicily (Italy): Regional Frequency Analysis of Extreme Rainfall, Sicily (Italy). *Int. J. Clim.* 2018, 38, e698–e716

## URCA!: scenari di cambiamento climatico, eventi pluviometrici di progetto e approccio partecipato per migliorare la resilienza urbana

Anna Palla<sup>1</sup>, Ilaria Gnecco<sup>1</sup>, Francesca Pirlone<sup>1</sup>, Giovanna Grossi<sup>2</sup>, Michèle Pezzagno<sup>2</sup>, Antonella Pietta<sup>2</sup>, Arianna Dada<sup>2</sup>, Marco Maglionico<sup>3</sup>, Alberto Paolo Campisano<sup>4</sup>, Patrizia Piro<sup>5</sup>, Ruggero Ermini<sup>6</sup>, Carmen Fattore<sup>6</sup>, Carlo Giudicianni<sup>7</sup>, Sara Todeschini<sup>7</sup>, Enrico Fortunato Creaco<sup>7</sup>

- (1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica ed Ambientale (DICCA), Università degli Studi di Genova, Genova*
- (2) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica (DICATAM), Università degli Studi di Brescia, Brescia*
- (3) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM), Università di Bologna, Bologna*
- (4) *Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura (DICAR), Università di Catania, Catania*
- (5) *Dipartimento di Ingegneria Civile (DINCI), Università della Calabria, Rende*
- (6) *Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo (DICEM), Università della Basilicata, Matera.*
- (7) *Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAr), Università degli Studi di Pavia, Pavia*

### Sommario

Il Progetto PRIN URCA! si propone di promuovere la resilienza al cambiamento climatico favorendo l'implementazione diffusa di *Sustainable Urban Drainage (SUD) systems*.

Gli obiettivi principali del progetto sono tre: i) definizione di linee-guida innovative per la progettazione di SUDs, ii) formalizzazione di un approccio partecipativo e iii) sviluppo di un nuovo *Decision Support System (DSS)*. Per verificare approcci e strategie in diversi contesti urbani e climatici italiani saranno considerati diversi casi di studio sparsi sul territorio nazionale.

La struttura di URCA! Prevede i seguenti *Work Packages (WP)*:

WP1 – coordinamento del progetto;

WP2 – studio degli impatti del *climate change*;

WP3 – mitigazione dell'impatto ambientale;

WP4 – approccio partecipativo per la pianificazione degli interventi;

WP5 – progetto di SUD;

WP6 – Sviluppo di un *Decision support system*;

WP7 – Attività di disseminazione.

Al di là delle attività di coordinamento e disseminazione, gli sforzi di ricerca del primo anno di progetto hanno riguardato in particolare i WP2, WP3 e WP4, rispettivamente rivolti a definire gli scenari climatici per la progettazione dei SUD *systems*, a valutare/mitigare il loro impatto ambientale di questi sistemi e a favorire il loro inserimento nella pianificazione urbanistica (generale ed attuativa). L'ultimo obiettivo sarà perseguito

attraverso il coinvolgimento degli *stakeholders* in azioni di mappatura partecipata tese ad aumentare la consapevolezza di cittadini, studenti, esperti, autorità locali e imprese del rischio idraulico - anche legato ai cambiamenti climatici - e dei possibili strumenti di mitigazione.

Alcune elaborazioni svolte nel WP2 e qui presentate mirano alla definizione di scenari climatici specifici per le SUDs, cioè a scala locale, utili per valutare gli effetti del cambiamento climatico sul dimensionamento e sulla prestazione dei vari dispositivi. Le proiezioni climatiche fornite da modelli climatici regionali per la metà e per la fine del secolo sono state prese dal portale dell'esperimento CORDEX ([www.cordex.org](http://www.cordex.org)). L'elaborazione statistica delle osservazioni meteorologiche (precipitazione e temperatura) relative a un periodo passato e delle proiezioni climatiche ha portato alla definizione di scenari climatici idonei alla verifica delle prestazioni delle SUDs anche in climi futuri per i diversi casi di studio. La definizione di un semplice modello stocastico delle precipitazioni ha inoltre consentito la valutazione della distribuzione di probabilità di alcune variabili di progetto, nell'ipotesi di una trasformazione afflussi-deflussi semplificata, e di come queste distribuzioni possono variare nel futuro. La capacità delle curve di possibilità pluviometrica a 2 e 3 parametri di fornire stime affidabili del volume di pioggia per eventi di progetto di breve durata è stata infine verificata per le diverse località considerate, per le quali è stata fatta anche un'analisi sulla forma di uno ietogramma di progetto rappresentativo delle peculiarità climatiche locali, tenendo conto in particolare degli eventi estremi osservati nella scorsa primavera.

Nel WP4 si sono individuati i target group di riferimento per i casi di studio sperimentando diverse tecniche partecipative in base alle specificità dei territori al fine di individuare linee guida trasversali, utili per il coinvolgimento/sensibilizzazione dei diversi attori del territorio e della società civile da proporre a livello locale.

## Proposta metodologica per la definizione di un indice di sostenibilità per la gestione dei prelievi idrici di un sistema acquedottistico alimentato da sorgenti a ciclo naturale

Eleonora Boscariol<sup>1</sup>, Claudio Mineo<sup>1</sup>, Stefania Passaretti<sup>1</sup>, Battaglia Simona<sup>1</sup>, Anna Varriale<sup>1</sup>, Emanuele Romano<sup>2</sup>, Nicolas Guyennon<sup>2</sup>, Anna Bruna Petrangeli<sup>2</sup>

(1) *Dipartimento di Tutela della Risorsa Idrica, ACEA Ato2 S.P.A, Roma, [claudio.mineo@aceaspa.it](mailto:claudio.mineo@aceaspa.it)*

(2) *Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca Sulle Acque, Area della Ricerca di Roma1, Montelibretti, [emanuele.romano@irsa.cnr.it](mailto:emanuele.romano@irsa.cnr.it)*

(3)

### *Sommario*

La gestione delle risorse idriche svolge un ruolo di cruciale importanza nel garantire sia la tutela della disponibilità idrica sia un uso sostenibile della stessa. Ad oggi assistiamo ad un progressivo aumento delle pressioni sulle risorse idriche imputabile principalmente al verificarsi di persistenti fenomeni siccitosi e all'aumento della domanda idrica. Per tal motivo è dunque fondamentale sviluppare strumenti efficaci per valutare e monitorare la sostenibilità dei prelievi idrici in relazione alla salvaguardia degli ecosistemi ambientali. Poiché tale attività coinvolge aspetti molteplici e complessi, la valutazione della relativa sostenibilità non può essere limitata solamente ad aspetti tecnici, ma deve comprendere anche criteri ambientali, sociali ed economici (Loucks, 1997).

Nel presente lavoro si propone la definizione di un indice di sostenibilità quale strumento operativo e oggettivo che permetta di valutare lo stato di sostenibilità dei prelievi di un sistema acquedottistico alimentato da sorgenti. L'indice identifica potenziali vulnerabilità e rischi del sistema acquedottistico in modo tale da guidare i processi decisionali (Sandoval-Solis et al., 2011; Juwana et al., 2012). A partire dalle serie temporali relative alla portata della sorgente, al deflusso ecologico e ai prelievi idrici, l'indice incorpora in modo sistematico molteplici criteri di *performance* basati sulla capacità del sistema di soddisfare i fabbisogni connessi e mantenere al contempo il buono stato ecologico dei corpi idrici. Ognuno di questi indaga aspetti della gestione idrica che risultano differenti e complementari tra di loro. In particolare, nello studio si propone l'applicazione della metodologia ad alcuni sistemi acquedottistici dell'Appennino Centrale in gestione di ACEA Ato2 S.p.A., azienda idrica che da oltre 100 anni rifornisce la città di Roma e le zone ad essa limitrofe servendo oltre 4 milioni di utenti (Passaretti et al., 2022). La valutazione dell'indice consente inoltre di classificare la sostenibilità dei prelievi di un complesso acquedottistico alimentato da più fonti di approvvigionamento tramite l'introduzione di un indice di sostenibilità complessivo (Sandoval-Solis et al., 2011).

L'applicazione di tale metodologia permette di valutare, in termini di sostenibilità dei prelievi, lo stato attuale del sistema in riferimento ad un periodo storico di controllo. Inoltre consente di effettuare simulazioni sia su scenari passati di tipo *what if* sia su scenari futuri. In tale modo è possibile valutare, per via operativa, l'impatto sul sistema della variazione di una variabile (es. disponibilità idrica in funzione dei cambiamenti climatici, scenari di domanda ecc.) o di un cambiamento dell'assetto gestionale (Romano et al., 2017; Asefa et al., 2014). L'indice di sostenibilità costituisce quindi uno strumento che può essere utilizzato dai gestori idrici e dagli *stakeholders* (de O. Vieira et al., 2018) per valutare e confrontare scenari di gestione, permettendo di orientare le risorse finanziarie verso azioni che si traducano in miglioramenti significativi in termini di affidabilità, resilienza e vulnerabilità del sistema acquedottistico.

*Bibliografia*

- Loucks, D. P. (1997) Quantifying trends in system sustainability, *Hydrological Sciences Journal*, 42:4, 513-530
- Sandoval-Solis, S., Mckinney, D, Loucks, P. (2011). Sustainability index for water resources planning and management. *J Water Resour Plan Manag Am Soc Civil Eng. Journal Of Water Resources Planning And Management*. 137. 381-390. 10.1061/(Asce)Wr.1943-5452.0000134
- Romano, E., Guyennon, N., Del Bon, A., Petrangeli, A. B., Preziosi, E. (2017). Robust Method To Quantify The Risk Of Shortage For Water Supply Systems. *Journal Of Hydrologic Engineering*. 22. 10.1061
- De O. Vieira, E., Sandoval-Solis, S. (2018) Water Resources Sustainability Index For A Water-Stressed Basin In Brazil, *Journal Of Hydrology: Regional Studies*, Volume 19, Pages 97-109,
- Juwana, I., Muttill, N., Perera, B.J.C. (2012) Indicator-Based Water Sustainability Assessment — A Review, *Science Of The Total Environment*, Volume 438, Pages 357-371,
- Asefa, T., Clayton, J., Adams, A., Daman. A. (2014) Performance Evaluation Of A Water Resources System Under Varying Climatic Conditions: Reliability, Resilience, Vulnerability And Beyond, *Journal Of Hydrology*, Volume 508, Pages 53-65
- Passaretti, S., Mineo, C. Varriale, A., Cosentino, C. (2022). A Technical Note on the Application of a Water Budget Model at Regional Scale: A Water Manager's Approach towards a Sustainable Water Resources Management. *Water*. 14. 10.3390/w14050712.

## Nine centuries streamflow reconstruction for the Po River

Rui Guo <sup>1</sup>, Hung T. T. Nguyen <sup>2</sup>, Stefano Galelli <sup>2,3</sup>, Serena Ceola <sup>1</sup>, Alberto Montanari <sup>1</sup>

(1) *Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering (DICAM), University of Bologna, Bologna, Italy.*

(2) *Tree Ring Laboratory, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, New York, USA.*

(3) *Pillar of Engineering Systems and Design, Singapore University of Technology and Design, Singapore.*

### *Summary*

The Po River, the longest watercourse in Italy, suffered the worst drought of the past 70 years in 2022. Extreme events such as this severe drought, which caused great economic losses, are projected to occur more frequently under climate change. Relative short instrumental streamflow records limit our understanding of the long-term streamflow variability, while considering past climatic data could effectively improve future water resources management. Tree rings provide key information to this aim. Using information derived from tree rings, we reconstruct the annual streamflow of the Po river over the past nine centuries under a climate-informed framework. To quantify the uncertainty arising from the tree rings' information, our results are compared with the observation series through different measures of performance. We show that both megadroughts and megafloods have occurred along the Po River in the past centuries. Our findings help gain a deeper understanding of multicentennial streamflow variability of the Po river, thus providing essential technical indications for designing adaptation strategies under climate change.

## Analisi preliminari per lo studio a lungo termine delle componenti del bilancio idrologico del bacino del fiume Fella, Friuli-Venezia Giulia

Veronica Zoratti<sup>1</sup>, Giuseppe Formetta<sup>2</sup>, Elisa Arnone<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento Politecnico Ingegneria e Architettura (DPIA), Università degli Studi di Udine*

(2) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica, Università degli Studi di Trento*

### *Sommario*

Il cambiamento climatico influenza direttamente le componenti del bilancio idrologico e alcuni autori hanno studiato questi potenziali cambiamenti mediante la modellazione idrologica (Roati et al., 2022; Pumo et al., 2017). Secondo l'ultimo rapporto dell'Agenzia Regionale della Protezione dell'Ambiente (ARPA), anche nella regione Friuli-Venezia Giulia (FVG) alcune variabili climatiche mostrano cambiamenti senza precedenti, soprattutto in termini di valori massimi di temperatura (ARPA-Osmer, FVG, 2022). Variazioni significative di precipitazioni di breve durata sono state osservate anche in specifiche aree della regione (Arnone et al., 2022).

In questo contesto, il presente lavoro ha l'obiettivo di indagare il comportamento delle componenti del bilancio idrologico a lungo termine di un bacino di medie dimensioni del Friuli-Venezia Giulia, attraverso l'utilizzo di un modello idrologico semi-distribuito. In particolare, il modello selezionato è il GEOframe-NewAge (Formetta et al., 2014; Bancheri et al., 2020), adatto alla modellazione alpina con scarse misure ed in grado di simulare i processi del ciclo idrologico completo e dunque lo scioglimento nivale, l'evapotraspirazione, l'immagazzinamento dell'acqua nel suolo e il deflusso superficiale, mediante modelli di tipo concettuali. L'utilizzo di dati satellitari come MODIS (Hall et al., 2006) per la neve o GLEAM (Martens et al., 2017) per l'evapotraspirazione consente la verifica del modello anche in termini diversi dalla portata.

L'area di studio in esame è il bacino del fiume Fella (Figura 1), che si estende nel territorio alpino della regione FVG per 710 km<sup>2</sup>, con una lunghezza dell'asta principale di circa 54 km. All'interno o in prossimità del bacino sono presenti 37 stazioni idro-meteorologiche della rete CAE/Micros-SIAP, di cui 9 idrometri. L'analisi geomorfologica, implementata all'interno del modello idrologico, è stata condotta a partire da un Digital Terrain Model (DTM) a 10 metri e ha permesso di discretizzare l'intera area del bacino in 153 sottobacini (*Hydrological Response Units*, HRUs), aventi un'area media di circa 5 km<sup>2</sup> e una deviazione standard di 2.4 km<sup>2</sup> (Figura 1).

La modellazione idrologica viene condotta a scala giornaliera, per un orizzonte temporale di circa 20 anni. In particolare, vengono considerate le sezioni di Moggio Udinese, posta a valle, ed una più interna, a Dogna (Figura 1), rispettivamente per la calibrazione e la validazione del modello idrologico. Le misure di altezza idrometrica sono disponibili per un periodo di 21 anni a Moggio Udinese (2002-2023) e 19 anni a Dogna (2004-2023), entrambi con un time-step di 30 minuti. La disponibilità di 9 idrometri lungo l'asta principale consentirà la calibrazione del modello idrologico con una validazione indipendente nei sottobacini interni a monte (incluso Dogna).

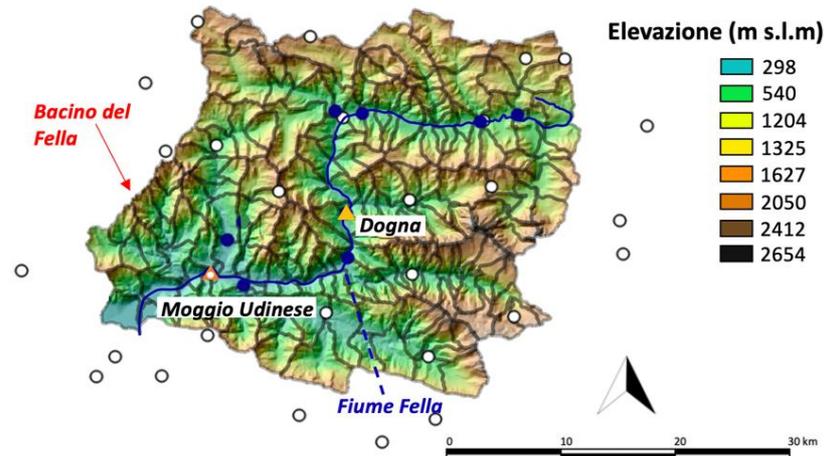


Figura 1: Discretizzazione del bacino del fiume Fella, Friuli-Venezia Giulia, in 153 sottobacini.

### Parole chiavi

*Modellazione idrologica; bacino alpino; cambiamento climatico; trend.*

### Bibliografia

Agenzia Regionale per la Protezione e per l'Ambiente del Friuli Venezia Giulia, ARPA-FVG. 2022. Meteo.FVG report: mensile, ottobre 2022.

Arnone, E., Treppiedi, D., Noto, L.V. 2022. High-resolution rain analysis in FVG, Northeastern Italy. Proceeding of XIth Scientific Assembly of the International Association of Hydrological Sciences (IAHS 2022), Montpellier, France, 35, 29 May–3 June 2022. IAHS2022-177, <https://doi.org/10.5194/iahs2022-177>.

Bancheri, M., Rigon, R., and Manfreda, S. (2020). The GEOframe-NewAge modelling system applied in a data scarce environment. *Water*, 12 (1). <https://doi.org/10.3390/w12010086>.

Formetta, G., Kampf, S. K., David, O., & Rigon, R. (2014). Snow water equivalent modeling components in NewAge-JGrass. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 725-736. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-725-2014>.

Hall, D. K., G. A. Riggs, and V. V. Salomonson (2006). MODIS/Terra Snow Cover 5-Min L2 Swath 500m. Version 5. Boulder, Colorado USA: NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center. <https://dx.doi.org/10.5067/ACYTYZB9BEOS>.

Martens, B., Miralles, D.G., Lievens, H., van der Schalie, R., de Jeu, R.A.M., Fernández-Prieto, D., Beck, H.E., Dorigo, W.A., and Verhoest, N.E.C.: GLEAM v3: satellite-based land evaporation and root-zone soil moisture, *Geoscientific Model Development*, 10, 1903–1925, <https://doi.org/10.5194/gmd-10-1903-2017>.

Pumo, D., Arnone, E., Francipane, A., Caracciolo, D., Noto, L. V. (2017). Potential implications of climate change and urbanization on watershed. *Journal of Hydrology*, 554, 80–99. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.09.002>.

Roati, G., Formetta, G., Pecora, S., Brian, M., Rigon, R., & Stevenin, H. (2022, May). Hydrological modeling and water budget quantification of the Po river basin through the GEOframe system. In EGU General Assembly Conference Abstracts (pp. EGU22-12562). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-12562>

## Evaluation of CHIRPS and ERA5-Land satellite products for drought Monitoring in the Mediterranean Climate of Morocco's Tensift Basin: A Comparative Study Using SPI, SPEI, and VCI indices

Mohamed Naim<sup>1</sup>, Brunella Bonaccorso<sup>2</sup>

(1) *University School of Advanced Studies, Pavia, Italy.*

(2) *Department of Engineering, University of Messina, Contrada di Dio, Villaggio Sant'Agata, 98166 Messina, Italy.*

### *Abstract*

As part of the Mediterranean region, Morocco faces significant challenges in addressing drought that will become more prevalent in many areas, particularly concerning the critical tasks of characterization and monitoring. The Tensift basin in the center-west of Morocco is exposed to recurrent droughts suffers from climate-induced losses. This study aims to: 1) evaluate and compare rainfall and temperature observations retrieved by satellite-based products and reanalysis data; 2) characterize the extent and severity of drought in the Tensift basin using Climate Hazards Group Infrared Precipitation (CHIRPS) dataset, reanalysis data from ERA5-land and data from the National Oceanic and Atmospheric Administration's-Advanced Very High Resolution Radiometer (NOAA-AVHRR) dataset. All These datasets were selected in light of the availability of long-term data, near real-time data series, relatively high spatial and temporal resolutions and open access data. The ERA5-Land dataset (<https://cds.climate.copernicus.eu>) and CHIRPS dataset (<https://www.chc.ucsb.edu/data>) were employed to retrieve temperature and precipitation data at monthly scale. Additionally, observed data from 27 meteorological stations were included. Five statistical metrics (R, R<sup>2</sup>, BIAS, RMSE, and Nash-Sutcliffe) were applied to analyze and evaluate these datasets by comparing their performance and accuracy. The obtained results showed that satellite and reanalysis products agree with most meteorological station-based data, with some slight errors in the mountain areas. Based on such a satisfactory performance, several drought monitoring indices from 1982 to 2021 have been calculated. The results show that the Tensift Basin suffered from multiple drought events over the past four decades. Notably, the years 2000 and 2015, 2017, 2019, 2020, 2021 were common drought periods by either the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI); however, the Vegetation Condition Index (VCI), a remote sensing index provided by NOAA-AVHRR datasets (<https://www.star.nesdis.noaa.gov>), indicate more dry years with 70 % compared to the other indices during the period 1981-2011. The drought indices provide a powerful tool that allows for effective spatial and temporal monitoring of drought and its impacts on water resources and agriculture. These tools could potentially allow decision makers to better minimize drought impacts. Moreover, the selected drought indices could be used individually or in combination within a drought early-warning system to enhance the effectiveness of drought monitoring, modelling and forecasting.

Keywords: Reanalysis, Remote sensing, Drought indices, Early-warning system, Drought risk management.

## Valutazione della richiesta idrica per una produzione stabile di grano duro in Sardegna

Elena Cristiano<sup>1</sup>, Gabriella Pusceddu<sup>2</sup>, Marino Marrocu<sup>2</sup>, Simone Manca<sup>2</sup>, Roberto Deidda<sup>1</sup>, Francesco Viola<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR), Università degli Studi di Cagliari, Cagliari.*

(2) *CRS4, Centro di Ricerca- Sviluppo e Studi Superiori in Sardegna, Pula, Italy.*

Secondo l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO), per soddisfare la domanda mondiale di cibo, la produzione agricola dovrebbe aumentare del 50% entro il 2050. Allo stesso tempo però, a causa dell'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> di origine antropica, si prevede nelle aree Mediterranee un aumento della temperatura media giornaliera, della frequenza delle ondate di calore, periodi prolungati di siccità e una riduzione delle precipitazioni medie annue. Queste variazioni delle condizioni climatiche potrebbero avere un impatto negativo sull'agricoltura, ed in particolare sulla produzione di grano duro, rendendo conseguentemente molto difficile il raggiungimento dell'obiettivo proposto dalla FAO. D'altra parte, l'aumento di CO<sub>2</sub> potrebbe fungere da fattore di contro bilanciamento, aumentando l'efficienza nell'uso dell'acqua. Per stabilizzare la produzione di grano duro, e le conseguenti ripercussioni sull'intera filiera del pane e della pasta, è necessario valutare diverse strategie di gestione dei campi coltivati, che includano l'irrigazione di emergenza. Nell'ambito del progetto H2020 dell'Unione Europea ARSINOE ("Climate-resilient regions through systemic solutions and innovations"), questo studio si pone come obiettivo quello di valutare i potenziali impatti dei cambiamenti climatici sulla produzione di grano duro nella regione del Campidano in Sardegna (Italia). A questo scopo è stato calibrato un modello di produttività del grano duro con il software Aquacrop utilizzando dati storici climatici e di produttività del grano duro da campi sperimentali ubicati ad Ussana (Sardegna). Il modello è stato poi utilizzato per simulare la potenziale produzione di grano duro in corrispondenza di diversi possibili scenari climatici futuri. I risultati preliminari mostrano come l'irrigazione di emergenza rappresenti una valida strategia per garantire alti livelli di efficienza nella produzione di grano duro in un contesto di cambiamenti climatici e suggeriscono la necessità di integrare diverse strategie di raccolta dell'acqua piovana, senza gravare sul sistema di approvvigionamento idrico.

This project has received funding from the European Union's Horizon H2020 innovation action programme under grant agreement 101037424.

## A review of coupled hydrologic and water allocation modeling approaches: Limitations, Opportunities and Challenges

Shewandagn Lemma Tekle<sup>1,2</sup>, Brunella Bonaccorso<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria, Università Degli Studi di Messina, Messina*

(2) *IUSS Scuola Universitaria Superiore Pavia, Pavia*

### *Abstract*

Integrated and sustainable river basin management requires accurate estimation and allocation of available water resources by also considering the effects of anthropogenic pressures and climate change. Limitations in models' architecture/type currently available in literature make it difficult to pursue these tasks using a single tool, hence leading to the implementation of integrated modeling frameworks combining process based hydrological models and simulation models for water resources management (Ashraf Vaghefi et al., 2015; Chhuon et al., 2016; Hao et al., 2015; Peter Kishiwa, 2018; Touseef et al., 2021). This is mainly because hydrological models have limited capability to optimize water allocation between users, while water supply system simulation models usually have limited capability in accurate estimation of available water resources (Babamiri & Marofi, 2021; Majedi et al., 2021; Zareian, 2021). This study reviews the developed modeling frameworks for integrated river basin management, focusing on integration of process based distributed hydrological models and optimization/simulation models. The SCOPUS database was used for literature review using keyword searching mechanism. The database was accessed in March 2023 and limited to the period 2000 to 2023.

Four main modeling frameworks were identified in terms of hydrological model types, namely, i) integration of lumped parameter hydrological model with water allocation models models; ii) integration of distributed process based hydrological model with water allocation models models; iii) integration of fully integrated, distributed process based hydrological models with water allocation models models; and iv) integration of hydrological models, all types with different optimization algorithms. On the other hand, three coupling techniques were examined for each of the four modeling frameworks, i.e., offline coupling (independent model runs & exchange data), loose coupling (one way data exchange), and dynamic/tight coupling (two-way data exchange) (Li et al., 2021; Liu et al., 2014; Norouzi Khatiri et al., 2020).

Majority of the modeling frameworks were developed using loose coupling techniques between hydrological and water allocation models due to their simplicity compared to the other techniques. Furthermore, the adopted modeling frameworks have been highly recommended for efficient and sustainable water resource management in a river basin. The modeling framework developed between integrated distributed hydrological models and water allocation models has the capability to simulate the water resources systems of the river basin in its entirety, however, their complexity and computationally expensiveness have limited their applicability in large river basins. Distributed hydrological models have a great capability to address water management issues when coupled with water allocation models, but they are limited in considering the full details of surface and groundwater systems. Lumped hydrological models, on the other hand, fail in representing the real physical system of the river basin and this has an impact on the accuracy of the estimated water balance.

### *Keywords*

water availability, climate change, population growth, hydrological models, water allocation models, optimization algorithms, model integration/coupling

### References

- Ashraf Vaghefi, S., Mousavi, S. J., Abbaspour, K. C., Srinivasan, R., & Arnold, J. R. (2015). Integration of hydrologic and water allocation models in basin-scale water resources management considering crop pattern and climate change: Karkheh River Basin in Iran. *Regional Environmental Change*, 15(3), 475–484.  
<https://doi.org/10.1007/s10113-013-0573-9>
- Babamiri, O., & Marofi, S. (2021). A multi-objective simulation–optimization approach for water resource planning of reservoir–river systems based on a coupled quantity–quality model. *Environmental Earth Sciences*, 80(11).  
<https://doi.org/10.1007/s12665-021-09681-9>
- Chhuon, K., Herrera, E., & Nadaoka, K. (2016). Application of Integrated Hydrologic and River Basin Management Modeling for the Optimal Development of a Multi-Purpose Reservoir Project. *Water Resources Management*, 30(9), 3143–3157. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1336-4>
- Hao, L., Sun, G., Liu, Y., & Qian, H. (2015). Integrated Modeling of Water Supply and Demand under Management Options and Climate Change Scenarios in Chifeng City, China. *Journal of the American Water Resources Association*, 51(3), 655–671. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12311>
- Li, X., Zhang, L., Zheng, Y., Yang, D., Wu, F., Tian, Y., Han, F., Gao, B., Li, H., Zhang, Y., Ge, Y., Cheng, G., Fu, B., Xia, J., Song, C., & Zheng, C. (2021). Novel hybrid coupling of ecohydrology and socioeconomy at river basin scale: A watershed system model for the Heihe River basin. *Environmental Modelling and Software*, 141.  
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105058>
- Liu, S., Brazier, R. E., Heathwaite, A. L., & Liu, W. (2014). Fully integrated approach: an alternative solution of coupling a GIS and diffuse pollution models. *Frontiers of Environmental Science and Engineering*, 8(4), 616–623.  
<https://doi.org/10.1007/s11783-013-0589-x>
- Majedi, H., Fathian, H., Nikbakht-Shahbazi, A., Zohrabi, N., & Hassani, F. (2021). Multi-Objective Optimization of Integrated Surface and Groundwater Resources Under the Clean Development Mechanism. *Water Resources Management*, 35(8), 2685–2704. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02860-0>
- Norouzi Khatiri, K., Niksokhan, M. H., Sarang, A., & Kamali, A. (2020). Coupled Simulation-Optimization Model for the Management of Groundwater Resources by Considering Uncertainty and Conflict Resolution. *Water Resources Management*, 34(11), 3585–3608. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02637-x>
- Peter Kishiwa, J. N. V. K. and P. N. (2018). Assessment of impacts of climate change on surface water availability using coupled SWAT and WEAP models: case of upper Pangani River Basin, Tanzania. *Assessment of Impacts of Climate Change on Surface Water Availability Using Coupled SWAT and WEAP Models: Case of Upper Pangani River Basin, Tanzania*, 378, 23–27.
- Touseef, M., Chen, L., & Yang, W. (2021). Assessment of surfacewater availability under climate change using coupled SWAT-WEAP in hongshui river basin, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(5).  
<https://doi.org/10.3390/ijgi10050298>
- Zareian, M. J. (2021). Optimal water allocation at different levels of climate change to minimize water shortage in arid regions (Case Study: Zayandeh-Rud River Basin, Iran). *Journal of Hydro-Environment Research*, 35, 13–30.  
<https://doi.org/10.1016/j.jher.2021.01.004>

## Water budget quantification in the Po River Basin: Advancements of the GEOframe system implementation

Gaia Roati<sup>1,3</sup>, Giuseppe Formetta<sup>2</sup>, Daniele Andreis<sup>3,5</sup>, Silvano Pecora<sup>4</sup>, Marco Brian<sup>1</sup> and Riccardo Rigon<sup>2,3</sup>

*(1) Po River Basin District Authority (Parma)*

*(2) Department of Civil, Environmental and Mechanical Engineering (DICAM), University of Trento (Trento)*

*(3) Center Agriculture Food Environment (C3A), University of Trento (Trento)*

*(4) Italian Minister for the Environment and the Energy Security, Rome*

*(5) Edmund Mach Foundation (San Michele all'Adige)*

### *Abstract*

As observed in the last years, flood and drought events, which can cause significant environmental, social and economic damages, are getting more likely to happen due to climate change.

For this reason in 2021 the Po River District Authority (AdbPo) undertook the implementation of the GEOframe modelling system on the whole territory of the district in accordance with the GCU-M (Gruppo di Coordinamento Unificato-Magre) to update the existing numerical modelling for water resource management, with the aim of producing a better quantification and forecast of the spatial and temporal water availability across the entire river basin and then, finally, to improve the planning activity of the Authority.

The GEOframe system has been developed by a scientific international community led by the University of Trento and is an open-source semi-distributed conceptual model with high modularity and flexibility.

The implementation of this modelling system in the Po River District has started in the Valle d'Aosta region, the most upstream part of the district, and it is now in progress in Piemonte, one of the biggest regions of Italy, going to complete the modelling of the most western part of the District.

After an initial phase of hydrological and meteorological data collection and validation, the geomorphological analysis and the spatial interpolation of the data were carried out, allowing a first running of the model in the whole area.

Consequently, the calibration phase started, consisting of the research of the values of the characteristic parameters of the model which fit the discharge evolution recorded by the hydrometers in the best possible way, comparing the modelled discharge trend with the measured one.

The calibration process, based on the KGE method, is now running on more than 100 hydrometers in the Piemonte region. The resulting objective functions are in general rather high and encouraging and will be reported.

Even if the calibration process is based on the water discharge in streams, all the components of the hydrological balance, like evapotranspiration, snow accumulation, water storage and drainage, are modelled and evaluated for each reservoir that composes the model. A recap of these results will be presented in this work.

At the same time, thanks to the geomorphological analysis, most part of Po River District (up to Pontelagoscuro (FE)), which totally occupies more than 42,000 km<sup>2</sup>, has been divided into subbasins, the hydrological reference units where the actual simulation process takes place. This dataset, as the modelling code, will be open-source and shared with the scientific community, allowing the application of GEOframe in different areas of the Po River District and with different purposes.

In conclusion, at this stage of implementation of the model and calibration of its parameters, it was possible to assess the capacity of GEOframe to simulate all the components of the water cycle and its flexibility and adaptability.

### *References*

Abera W., Formetta G., Borga M. & Rigon R.. Estimating the water budget components and their variability in a pre-alpine basin with JGrass-NewAGE. *Advances in Water Resources*, 2017, 104, pp. 37-54.

Bancheri M., Rigon R. & Manfreda S. The GEOframe-NewAge Modelling System Applied in a Data Scarce Environment. *Water*, 2020, 12(1), 86.

Durand M., Molotch N. P., Margulis S. A. (2008). Merging complementary remote sensing datasets in the context of snow water equivalent reconstruction. *Remote Sensing of Environment*, 112, pp. 1212-1225.

## Analysis of Altitude and Drought Trends Relations in the Piedmont Region using Standardized Precipitation Index and Standardized Precipitation Evapotranspiration Index

Emanuele Mombrini<sup>1</sup>, Stefania Tamea<sup>1</sup>, Alberto Viglione<sup>1</sup>, Roberto Revelli<sup>1†</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture(DIATI), Politecnico di Torino, Torino.*

### *Sommario*

Ever since the start of the 21st century, greater focus has been put on drought and its wide range of environmental and socioeconomic effects, particularly in the context of climate change. This is especially true for the Piedmont region, which has been affected in recent years by prolonged and severe droughts. Such events have had acute effects on water resources and have directly impacted water security and the agricultural and energy sectors. Compound warm-dry events have also been a major aspect of meteorological conditions: the 2021-2022 period, for example, presented a widespread and intense water deficit caused by both extremely low precipitations and high temperatures. Given that the region resides in the mediterranean hotspot, characterizing the observed changes and trends in drought conditions is of particular significance. To this end, precipitation and temperature data are both analysed and used to calculate the drought indices SPI and SPEI at a shorter 3-month and at a longer 12-month time scale. First, trend analysis on precipitation and temperature is performed, finding limited areas with significant precipitation decrease and, conversely, a general temperature increase over the region, with the higher values found over the alpine chain. Changes in meteorological drought are then evaluated, both in terms of drought indices trends and in terms of changes in drought run characteristics. A relation between the altitude of the area and the predicted changes is observed, with significant differences between the plain and mountainous portion of the region. The differences are mainly related to the predicted trends, with the flat part of the region, particularly bordering on the alpine chain, displaying a tendency towards dryer conditions not in common with the mountainous areas; significantly, no trend is found at a region-wide level but is instead found when considering portions of the territory lower than a set altitude. Furthermore, mean values of severity, duration and intensity of drought runs are found to be correlated with altitude when considering a 3-month time scale. Finally, region-wide drought events are defined to estimate the most severe drought episodes, and a possible link between their characteristics and which area where the most affected is investigated.

## Analisi della potenzialità della gestione integrata di un impianto fotovoltaico galleggiante e di un invaso idroelettrico

Domenico Micocci<sup>1</sup>, Cristiana Bragalli<sup>1</sup>, Elena Toth<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM), Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Bologna.*

### *Sommario*

La crescente diffusione di fonti energetiche rinnovabili non programmabili (FRNP) – quali eolico, solare fotovoltaico o idroelettrico ad acqua fluente – sta contribuendo in modo determinante al conseguimento dell'ambizioso obiettivo di “neutralità climatica” dell'Unione Europea entro il 2050. La natura aleatoria di queste fonti energetiche pone tuttavia nuove sfide sul fronte della gestione del sistema elettrico, in quanto – per il corretto funzionamento della rete – è essenziale che la potenza richiesta dagli utenti eguagli in ogni istante la potenza immessa dagli impianti di produzione. In questo contesto, è chiara dunque l'importanza di disporre di impianti “programmabili”, in grado di colmare il divario fra fabbisogno e produzione da FRNP.

L'idroelettrico a deflusso regolato è fra le rare fonti rinnovabili programmabili e rappresenta una risorsa energetica pregiata, in quanto generalmente la potenza erogata è facilmente modulabile e può essere messa a disposizione in tempi rapidissimi. In particolare, appare vantaggiosa la possibilità di combinare produzione idroelettrica e solare, dotando gli invasi idonei di impianti fotovoltaici galleggianti (FPV). La gestione integrata di una centrale idro-fotovoltaica permetterebbe infatti i) di ridurre l'aleatorietà della produzione solare e ii) di aumentare la produzione di energia oppure, a parità di energia prodotta, iii) di limitare il consumo di acqua a scopo idroelettrico, rendendo disponibile la risorsa per altri usi. Per mettere meglio a fuoco le potenzialità e le eventuali difficoltà gestionali di questa integrazione, si presenta un caso di studio sintetico, ma basato su osservazioni idro-meteorologiche reali.

Si suppone che l'invaso sintetico abbia un uso esclusivamente idroelettrico e si ipotizza l'andamento nel tempo della potenza elettrica richiesta alla centrale sulla base dei diagrammi di carico storici pubblicati dal gestore della rete di trasmissione nazionale per la regione d'interesse. Il funzionamento dell'impianto viene simulato assumendo che la gestione dei rilasci sia guidata da una Standard Operating Policy, intesa a soddisfare quanto più possibile il fabbisogno di potenza elettrica ad ogni passo, compatibilmente con la disponibilità di risorsa idrica e con i vincoli meccanici di centrale.

Si introduce quindi la presenza di un impianto fotovoltaico galleggiante, esplorando diversi scenari di ibridizzazione, corrispondenti a diverse scelte del rapporto fra la potenza di picco dell'impianto fotovoltaico ( $P_{pv}$ ) e la potenza efficiente dell'impianto idroelettrico ( $P_{idro}$ ). La producibilità del campo FPV viene stimata attraverso una rielaborazione del metodo di *Duffie e Beckman (2013)*, utilizzando i dati di radiazione solare e temperatura realmente osservati in una stazione meteo situata in prossimità dell'ipotetica sezione di sbarramento.

L'analisi costituisce il presupposto per un ulteriore sviluppo, che veda anche l'introduzione di un accumulo tramite pompaggio.

### *Bibliografia*

Duffie, J.A., Beckman, W.A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes (Fourth Edition)*.

## Valutazione degli impatti del cambiamento climatico sulla disponibilità di risorsa idrica: la collaborazione tra Fondazione CMCC e Acquedotto Pugliese S.p.A.

R. Padulano<sup>1,2</sup>, G. Barbato<sup>1</sup>, M. Pesce<sup>1</sup>, D. Morale<sup>1</sup>, M. Azhar<sup>1</sup>, M. Ellena<sup>1</sup>, P. Mercogliano<sup>1</sup>, V. Patruno<sup>3</sup>, D. Ritossa<sup>3</sup>, L. Venditti<sup>3</sup>, G. Ventafridda<sup>3</sup>, G. Fiori<sup>3</sup>

(1) *Divisione "Regional Models and geo-Hydrological Impacts" (REMHI), Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), Caserta*

(2) *Divisione "Impacts on Agriculture, Forests and Ecosystem Services" (IAFES), Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), Viterbo*

(3) *Acquedotto Pugliese s.p.a., Bari*

### *Sommario*

È ormai riconosciuto dalla comunità scientifica come l'area del Mediterraneo sia un hot-spot per il cambiamento climatico (Tuel & Elthair, 2020), con significative ricadute in termini, ad esempio, di disponibilità della risorsa idrica (sia superficiale sia profonda), fenomeni alluvionali e ondate di calore, con preoccupanti impatti per l'ambiente e per il benessere della società.

Il Servizio Idrico Integrato gestito da Acquedotto Pugliese S.p.A., a servizio di più di 4 milioni di abitanti, si trova per la sua ubicazione ad essere particolarmente interessato ai pericoli derivanti dal cambiamento climatico. Focalizzando l'attenzione sulla sola componente di approvvigionamento della risorsa idrica – sia essa superficiale o profonda – potenziali effetti del cambiamento climatico potrebbero comportare problematiche di indisponibilità sia in termini quantitativi (per effetto, ad esempio, dell'aumento generalizzato delle temperature e dell'intensificazione della stagionalità delle precipitazioni), sia in termini qualitativi (per effetto, ad esempio, dell'aumento della torbidità delle acque invase conseguente il possibile aumento nella frequenza degli eventi estremi, o della salinizzazione degli acquiferi come conseguenza dell'aumento del livello del mare).

Con lo scopo di valutare nella maniera più quantitativa possibile, e in modo il più possibile rispondente al framework comunitario dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change*, Acquedotto Pugliese S.p.A. e la Fondazione CMCC hanno formalizzato una collaborazione scientifica focalizzata sui seguenti "target":

- Pericolo di diminuzione in volume della risorsa idrica fluente e sotterranea (da sorgente);
- Pericolo di peggioramento della qualità della risorsa idrica fluente e di quella sotterranea (da pozzi di emungimento);
- Pericolo di aumento dei consumi idrici idropotabili e inasprimento della competizione con altri utilizzi (in particolare quello irriguo).

Ciascun target viene perseguito attraverso attività specifiche co-progettate tra i due soggetti; la fase di co-progettazione è stata però preceduta da una fase preliminare necessaria alla creazione di un substrato comune di conoscenze, informazioni di contesto, metodologie e linguaggio. Tra i requisiti espressi, l'orizzonte futuro scelto è il trentennio 2021-2050, le cui valutazioni vengono comparate al trentennio di riferimento 1981-2010 per isolare l'effetto del cambiamento climatico. Gli scenari di concentrazione scelti sono RCP 2.6, 4.5 e 8.5 definiti dal quinto Assessment Report dell'IPCC (IPCC 2014). Le analisi si basano su un large ensemble di proiezioni EURO-CORDEX (Jacob, 2020).

Data la vastità degli obiettivi e la necessità di dare risposte in un tempo compatibile con la pianificazione tempestiva di interventi di adeguamento, si è deciso in maniera concertata di basare l'intera collaborazione su dati e approcci già messi a disposizione dalla letteratura scientifica ovvero già asset metodologici della Fondazione, con l'ulteriore obiettivo di verificare se effettivamente gli strumenti messi a disposizione dalla Comunità Europea – ed in particolare i dataset disponibili sulla piattaforma *Copernicus Climate Change Service* (C3S) – possano fornire indicazioni utili per la pianificazione dell'adattamento. I risultati preliminari hanno dato, in tal senso, riscontro positivo, permettendo di trarre interessanti conclusioni circa i fenomeni legati alla distribuzione stagionale delle portate fluenti, alle dinamiche di interrimento degli invasi, al regime delle piogge e delle piene estreme, al regime di siccità meteo/idrologica per i corpi idrici di interesse.

#### *Bibliografia*

Jacob, D., Teichmann, C., Sobolowski, S., Katragkou, E., Anders, I., Belda, M., et al. (2020). Regional climate downscaling over Europe: perspectives from the EUROCORDEX community. *Regional Environmental Change* 20 (2), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01606-9>

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.

Tuel, A., & Eltahir, E.A. (2020). Why is the Mediterranean a climate change hot spot?. *Journal of Climate* 33(14), 5829-5843. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0910.1>

## Caratterizzazione dei periodi siccitosi ed umidi in Sicilia mediante lo Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index

Dario Treppiedi<sup>1</sup>, Antonio Francipane<sup>1</sup>, Leonardo Valerio Noto<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italia*

### *Sommario*

Secondo l'ultimo report dell'IPCC (Pörtner et al., 2022), è molto probabile che l'aumento nella frequenza e nella magnitudo dei fenomeni climatici e meteorologici estremi (tra cui precipitazioni ed eventi siccitosi) sia tra le cause principali di importanti impatti sulla biosfera e l'antroposfera. L'acronimo DGDWGW ("dry gets drier, wets gets wetter") viene ormai largamente utilizzato e riconosciuto dalla comunità scientifica per sintetizzare quello che probabilmente ci riserverà il prossimo futuro, ossia delle zone aride sempre più aride, e delle aree umide sempre più soggette a fenomeni estremi di pioggia. In quest'ottica, un aiuto per l'interpretazione di come questi fenomeni evolvono potrebbe essere dato dallo studio delle code della distribuzione delle piogge e di come queste si sono modificate nel tempo, soprattutto negli ultimi anni sotto l'effetto dei cambiamenti climatici.

All'interno del presente lavoro, per lo studio dei periodi siccitosi ed umidi è stato fatto uso dello Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) (Vicente-Serrano et al., 2010). L'indice è stato calcolato a scale temporali che vanno da 1 a 24 mesi, utilizzando dati giornalieri su di una griglia di 0.1°. In particolare, per la precipitazione è stato utilizzato il prodotto Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation (MSWEP) (Beck et al., 2019), caratterizzato dal *merging* di differenti fonti di dati (stazioni meteorologiche, dati da satellite e di rianalisi) e da differenti criteri di correzione dei valori di precipitazione, che ne favoriscono l'affidabilità. Per la stima dell'evapotraspirazione, al contrario, sono stati impiegati due differenti approcci: il primo basato sull'utilizzo di un dataset giornaliero in cui l'evapotraspirazione potenziale è stata calcolata mediante l'utilizzo dell'equazione di Penman-Monteith a partire da dati di rianalisi (Singer et al., 2021); il secondo, invece, in cui l'evapotraspirazione potenziale è stata derivata dalla più semplice formula di Hargreaves (1994), impiegando i dati di temperatura giornaliera forniti dal Multi-Source Weather (MSWX) (Beck et al., 2022), che utilizza criteri di *bias-correction* al fine di fornire una stima della variabile quanto più realistica possibile. Dall'identificazione degli eventi umidi/siccitosi e utilizzando le soglie limite di SPEI suggerite da McKee et al., (1993) è stato dunque possibile effettuare un'analisi comparata tra i due framework a scala regionale sulla Sicilia. Inoltre, al fine di esaminare l'eventuale presenza di variazioni significative nella durata e nella severità degli eventi identificati, è stata condotta un'analisi per l'identificazione di eventuali trend negli indici identificati.

### *Bibliografia*

Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., ... & Ibrahim, Z. Z. (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability (p. 3056). Geneva, Switzerland: IPCC.

Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S. and López-Moreno, J.I., 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of climate*, 23(7), pp.1696-1718.

Beck, H. E., Wood, E. F., Pan, M., Fisher, C. K., Miralles, D. G., Van Dijk, A. I., ... & Adler, R. F. (2019). MSWEP V2 global 3-hourly 0.1 precipitation: methodology and quantitative assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(3), 473-500.

Singer, M. B., Asfaw, D. T., Rosolem, R., Cuthbert, M. O., Miralles, D. G., MacLeod, D., ... & Michaelides, K. (2021). Hourly potential evapotranspiration at 0.1 resolution for the global land surface from 1981-present. *Scientific Data*, 8(1), 224.

Hargreaves, G. H. (1994). Defining and using reference evapotranspiration. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 120(6), 1132-1139.

Beck, H. E., van Dijk, A. I., Larraondo, P. R., McVicar, T. R., Pan, M., Dutra, E., & Miralles, D. G. (2022). MSWX: Global 3-hourly 0.1 bias-corrected meteorological data including near-real-time updates and forecast ensembles. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 103(3), E710-E732.

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993, January). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183).

## Perché la magra del Fiume Po del 2022 è la peggiore di sempre

Alberto Montanari<sup>1</sup>, Hung Nguyen<sup>2</sup>, Sara Rubineti<sup>3</sup>, Serena Ceola<sup>1</sup>, Stefano Galelli<sup>4,2</sup>, Angelo Rubino<sup>5</sup>,  
Davide Zanchettin<sup>5</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM), Alma Mater Studiorum Università di Bologna*

(2) *Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, NY, USA.*

(3) *Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, List/Sylt, Germany.*

(4) *Pillar of Engineering Systems and Design, Singapore University of Technology and Design, Singapore.*

(5) *Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Ca' Foscari University of Venice, Venice, Italy.*

### *Sommario*

Le cause di recenti magre idrologiche e la loro futura evoluzione in un clima che cambia sono ancora poco conosciute. La memoria presenta l'analisi della serie temporale mensile di portata fluviale del Fiume Po a Pontelagoscuro osservata dal 1807 al 2022, che è stata ricostruita a partire da osservazioni di livello idrometrico. I dati permettono di concludere che la magra idrologica del 2022 è l'evento più gravoso di sempre, con un tempo di ritorno di circa sei secoli e con portata inferiore del 30% rispetto al secondo evento più gravoso. Nel dettaglio, la magra del 2022 appare in parte causata da un progressivo calo dei deflussi estivi ( $-4,14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ ), che è più rilevante rispetto al calo delle precipitazioni. La penuria di deflusso è attribuita a una combinazione di cambiamenti nel regime delle precipitazioni, con conseguente calo della frazione di neve ( $-0,6\% \text{ anno}^{-1}$ ) e scioglimento nivale ( $-0,3 \text{ mm giorno}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ ), e all'aumento del tasso di evaporazione ( $+0,013 \text{ km}^3 \text{ anno}^{-1}$ ) e delle aree irrigate (incremento del 100% rispetto al 1900). I risultati permettono di concludere che il Fiume Po è un caso notevole di inasprimento dell'impatto idrologico del cambiamento climatico, indotto da interventi antropici, in particolare quelli legati all'irrigazione, e da variazioni stagionali.

## Panta Rhei Synthesis Book: sintesi di un decennio di ricerca IAHS

Alberto Viglione<sup>1</sup>, Antonio Annis<sup>2</sup>, Günter Blösch<sup>3</sup>, Andrea Castelletti<sup>4</sup>, Serena Ceola<sup>5</sup>, Giuliano Di Baldassarre<sup>6</sup>, Maurizio Mazzoleni<sup>7</sup>, Alberto Montanari<sup>5</sup>, Fernando Nardi<sup>2</sup>, Maria Rusca<sup>8</sup>, Elisa Savelli<sup>6</sup>, Anna Scolobig<sup>9</sup>, Giulia Vico<sup>10</sup>, Fuqiang Tian<sup>11</sup>

- (1) *Politecnico di Torino, Italia*
- (2) *Università per Stranieri di Perugia, Italia*
- (3) *Technische Universität Wien, Austria*
- (4) *Politecnico di Milano, Italia*
- (5) *Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Italia*
- (6) *Uppsala University, Svezia*
- (7) *Vrije Universiteit Amsterdam, Paesi Bassi*
- (8) *University of Manchester, Regno Unito*
- (9) *University of Geneva, Svizzera*
- (10) *Swedish University of Agricultural Sciences, Svezia*
- (11) *Tsinghua University, Cina*

### *Sommario*

Da poco si è conclusa l'iniziativa decennale "Panta Rhei: Change in Hydrology and Society" (2012-2022) dell'IAHS (the International Association of Hydrological Sciences). Il decennio è stato dedicato alle attività di ricerca sul cambiamento dell'idrologia e della società, per raggiungere una migliore interpretazione dei processi che governano il ciclo dell'acqua concentrandosi sulle loro dinamiche mutevoli in connessione con i sistemi umani in rapida evoluzione. L'obiettivo pratico è quello di migliorare la nostra capacità di prevedere le dinamiche legate alle risorse idriche e quindi di promuovere uno sviluppo sociale sostenibile in un ambiente in evoluzione.

Questa relazione presenta una sintesi delle ricerche di un decennio, ovvero il libro di sintesi "Panta Rhei Synthesis Book" che riassume i contributi scientifici di Panta Rhei, concentrandosi sulla comprensione e la previsione delle dinamiche dei sistemi accoppiati società-acqua. Il libro si compone di 11 capitoli: 5 capitoli introduttivi sugli aspetti teorici, metodologici e sui dati disponibili per lo studio dei sistemi società-acqua; 5 capitoli su singoli sistemi (società-alluvioni, società-siccità, società-agricoltura, società-sistemi transfrontalieri, società-idrologia globali); ed un capitolo dedicato a casi studio.

Oltre 100 autori provenienti da tutto il mondo, esperti in un'ampia gamma di discipline (scienziati naturali e sociali, ingegneri e professionisti), hanno contribuito a questo sforzo di sintesi. Il libro è scritto in uno stile educativo di tipo "low entry and high exit levels". I lettori potenziali includono ricercatori, studenti laureati e professionisti.

## Variabilità nei livelli di throughfall tra alberi di quercia e faggio in un bacino montano dell'Appennino centrale.

Marco Dionigi<sup>1</sup>, Matteo Verdone<sup>2</sup>, Daniele Penna<sup>2</sup>, Silvia Barbetta<sup>1</sup>, Christian Massari<sup>1</sup>

(1) *Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca per la Protezione Idro-geologica (CNR-IRPI), Perugia.*

Email: [marco.dionigi@irpi.cnr.it](mailto:marco.dionigi@irpi.cnr.it) – [silvia.barbetta@irpi.cnr.it](mailto:silvia.barbetta@irpi.cnr.it) – [christian.massari@irpi.cnr.it](mailto:christian.massari@irpi.cnr.it)

(2) *Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze (UNIFI), Piazzale delle Cascine, 18 - 50144 Firenze, (Italy).*

Email: [matteo.verdone@unifi.it](mailto:matteo.verdone@unifi.it) – [daniele.penna@unifi.it](mailto:daniele.penna@unifi.it)

Le foreste e gli alberi sono parte integrante del ciclo idrologico globale e quindi vitali per la sicurezza idrica. Gli ecosistemi forestali e montani fungono da aree di approvvigionamento per oltre il 75% delle risorse idriche rinnovabili, fornendo acqua ad oltre la metà della popolazione mondiale.

Generalmente il 70% della precipitazione totale filtra attraverso la chioma delle foreste (*throughfall*), una porzione molto più piccola, inferiore al 5%, raggiunge il suolo forestale lungo i tronchi degli alberi (*stemflow*), mentre la restante parte (~25%) viene intercettata dalla vegetazione ed evapora ritornando in atmosfera.

La distribuzione dell'acqua attraverso questi tre percorsi dipende principalmente dalle caratteristiche delle precipitazioni, dalle condizioni meteorologiche e dai tratti fisiologici e morfologici delle specie arboree interessate.

Il presente lavoro si propone di determinare la variabilità spaziale e stagionale della *throughfall* che interessa le due specie dominanti, querce e faggi, che caratterizzano il bacino del torrente Ussita (44 km<sup>2</sup>), situato nel Parco Nazionale dei monti Sibillini (Appennino centrale).

La *throughfall* è stata misurata durante più di 30 eventi di pioggia nel periodo luglio 2022-aprile 2023 in quattro siti di monitoraggio, utilizzando grondaie collegate a pluviometri posizionati sotto la vegetazione. In particolare, due aree di monitoraggio si trovano su un versante rivolto a sud, mentre altre due stazioni di monitoraggio si trovano su un versante rivolto a nord. Inoltre, l'area sperimentale è stata strumentata con due stazioni meteorologiche che forniscono misurazioni di precipitazione in campo aperto.

La *throughfall* è risultata essere più elevata durante eventi di pioggia di intensità moderata e forte, mentre durante precipitazioni deboli si è osservato che la chioma degli alberi intercetta la maggior parte delle precipitazioni.

Le misure effettuate a partire da eventi pluviometrici di piccola e media entità hanno mostrato differenze nei livelli di *throughfall* tra le querce ed i faggi. Le possibili cause possono essere legate al diverso tipo di defogliazione che caratterizza le due specie, a caratteristiche morfo – fisiologiche (spessore della chioma, orientamento dei rami), nonché all'esposizione del pendio su cui si trovano le piante. Le querce, con una bassa defogliazione stagionale ed un'esposizione a sud, hanno una capacità di intercettazione della chioma maggiore rispetto ai faggi (esposizione a nord) e generano una minore quantità di throughfall.

I dati che verranno raccolti nelle prossime stagioni di crescita permetteranno di estendere i risultati ottenuti nella prima fase di analisi.

## Elementary mathematics for the transpiration budget

Concetta D'Amato<sup>1,2</sup> e Riccardo Rigon<sup>1,2</sup>

(1) *Centro Agricoltura Alimenti Ambiente (C3A), Università di Trento, Trento*

(2) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica (DICAM), Università di Trento, Trento*

### *Sommario*

This contribution aims to provide a clear and effective method for accurately describing one of the most important components of the hydrological cycle, transpiration, rather than presenting a convoluted derivation of transpiration formulas. While certain simplifications are employed, such as utilizing a simplified turbulence model with a century-long history, incorporating well-known thermodynamics principles established by Lord Kelvin, and employing an energy budget that overlooks the thermal capacity of transpiring leaves, it is asserted that the approach used still holds general validity in identifying the primary mechanisms underlying transpiration.

The process begins by employing a traditional treatment of five equations, including the mass budget, to outline the general procedure. Initially, a simplified approach is introduced to illustrate the overall methodology without considering the water budget. Subsequently, the water budget is incorporated to demonstrate that no artificial constraints or stresses on transpiration are necessary, apart from adhering to the water budget itself. To achieve this, a linearized form of the Clausius-Clapeyron equation is utilized.

Furthermore, it is established that the Penman Formula, renowned in the field, emerges as one of the solutions within the fundamental systems of equations. This formula allows for the estimation of temperature ( $T$ ), vapor content in the air ( $e$ ), and the thermal transport of heat ( $H$ ). By applying the water mass balance, it becomes evident that the pressure potential within leaves is not solely determined by capillarity, but rather dynamically influenced by the evaporation demand from the atmosphere and soil moisture content.

In our study, we build upon the previous research presented in Schymanski and Or (2017) and extend it by incorporating the canopy's presence in a more explicit manner. Even in our application of the "big leaf" approach (Bonan et al., 2021), we introduce a dependency on the leaf area index ( $L_c$ ) within the established formulas to accurately consider the impact of the canopy. Furthermore, we provide a more detailed treatment of radiation, taking into account the canopy's influence, following the methodology outlined in Ryu et al. (2011) and de Pury (1995).

In the context of canopy analysis, this contribution employs a treatment that reveals discrepancies compared to the more simplistic approaches commonly utilized, shedding light on unique aspects of the matter at hand.

### *Bibliografia*

Bonan, G.B.; Patton, E.G., Finnigan, J.J., others. (2021) Moving beyond the incorrect but useful paradigm: reevaluating big-leaf and multilayer plant canopies to model biosphere-atmosphere fluxes—a review. *Agricultural and Forest*.

De Pury, D.G.G. (1995). SCALING PHOTOSYNTHESIS AND WATER USE FROM LEAVES TO PADDOCKS. PhD thesis, The-Australian National University.

Ryu, Y.; Baldocchi, D.D.; Kobayashi, H.; van Ingen, C.; Li, J.; Black, T.A.; Beringer, J.; van Gorsel, E.; Knohl, A.; Law, B.E.; et al. (2011). Integration of MODIS land and atmosphere products with a coupled-process model to estimate gross primary productivity and evapotranspiration from 1 km to global scales. *Global Biogeochem. Cycles*, 25.

Schymanski, S.J.; Or, D. (2017). Leaf-scale experiments reveal an important omission in the Penman–Monteith equation. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 21, 685–706.

## Towards an optimization of irrigation parameters to improve land surface model simulations

Sara Modanesi<sup>1</sup>, Gabriëlle J. M. De Lannoy<sup>2</sup>, Michel Bechtold<sup>2</sup>, Louise Busschaert<sup>2</sup> and Christian Massari<sup>1</sup>

(1) *Research Institute for Geo-hydrological Protection, National Research Council, Via Madonna Alta 126, 06128 Perugia, Italy*

(2) *Department of Earth and Environmental Sciences, KU Leuven, Heverlee, Belgium*

### *Sommario*

Improving the knowledge of agricultural water uses is in the spotlight of hydrologic sciences and water management authorities due to an increasing amount of water used for irrigation. An efficient water management system has a crucial role also considering the climate change projections scenario and the large increase in the frequency, duration, and severity of droughts, especially over the Mediterranean basin, which has been recognized as a hotspot of extreme weather events. However, simulating irrigation through large scale land surface models is not trivial, because the simplistic model parameterization do not necessarily resolve field scale conditions. In particular, the main challenge is to reproduce the amount and timing of irrigation applications by farmers, because these are often not physically-based and effectively driven by water policies instead of root zone soil moisture conditions.

Some recent approaches have demonstrated the utility of remote sensing observations to either derive irrigation directly, or indirectly via their assimilation into land surface and hydrological models. Indeed, high resolution remote sensing offers an unprecedented opportunity to observe the soil/vegetation system and to consequently detect irrigation. However, although both methods seem promising, irrigation quantification and detection are still at their infancy due to limitations of both satellite data and models. In particular, recent data assimilation experiments have shown the crucial role of an accurate land surface model parameterization to optimally integrate models and satellite observations.

The aim of this study is to test the benefit of directly optimizing the irrigation parameters of a sprinkler irrigation module embodied in the Noah MP land surface model running within the NASA Land Information System framework. A synthetic calibration experiment is performed over a highly irrigated area in the Po Valley (Italy), using synthetic irrigation and soil moisture benchmark data, at a spatial resolution of 0.01°. The improvement of the poorly-parameterized sprinkler irrigation scheme through a proper calibration is intended to be a valid alternative to quantify agricultural water uses.

## An advanced 4D soil moisture product over Italy

Arianna Mazzariello<sup>1</sup>, Raffaele Albano<sup>1</sup>, Teodosio Lacava<sup>2</sup>, Aurelia Sole<sup>1</sup>

(1) *School of Engineering, University of Basilicata, Potenza, Italy.*

(2) *Institute of Methodologies for Environmental Analysis (IMAA), National Research Council (CNR), Tito Scalo (PZ), Italy.*

### *Summary*

Among the different consequences on the environment of climate changes, one of the most evident is the significant variations in soil moisture (SM), namely the water content of the soil surface, that is strongly linked with the increasing occurrence of meteo-climatic events, such as drought and floods. These have become global concerns that have different effects and responses from one place to another. Indeed, the interactions between SM and the hydrological cycle are usually affected by the whole profile of soil layer, from which plants draw water and that is a function of the soil type in a given region (Luo et al., 2021).

The generation, starting from satellite measurements, of large-scale SM maps with high spatial and temporal resolution at different soil depths would enable to identify priorities and global technical solutions or a coherent picture of a set of local adaptation strategies to cope with these extreme events.

Therefore, this study aims to perform a spatiotemporal scaling of SM satellite-based products to provide SM value in the entire soil profile, i.e. at soil surface as well as at different depths (Root Zone SM), by combining two active C-band microwave SM products generated by applying the change detection algorithm developed at the Technological University of Wien (Wagner et al., 1999; Pathe et al., 2009): the global coverage METOP ASCAT SSM CLIMATE DATA RECORD v7 (H119-H120) at 12.5 km of spatial resolution and high temporal resolution (i.e. a few hours), and the SENTINEL 1 SM at 1 km of spatial resolution and low temporal resolution (currently 1 image every 10 days) that covers the whole Europe.

Their combination, which produces SM surface information (SCATSAR Soil Water Index SWI), has been carried out by applying the approach proposed by Bauer-Marschallinger et al. (2018), while retrieval of RZSM information from the surface ones has been done by applying the Soil Moisture Analytical Relationship (SMAR) model (Manfreda et al., 2014) allowing to account for the infiltrative process and the terrain characteristics. The output of these processing chain is an original SWI-SMAR SM product that cover the whole Italian territory since 2017, allowing to investigate different aspects of the hydrogeological processes there occurring.

### *Reference*

Bauer-Marschallinger, B. et al., 2018. Soil Moisture from Fusion of Scatterometer and SAR: Closing the Scale Gap with Temporal Filtering. *Remote Sensing* 10, 1030.

Luo, M. et al., 2021. Response of vegetation phenology to soil moisture dynamics in the Mongolian Plateau. *CATENA* 206, 105505.

Manfreda, S. et al., 2014. A physically based approach for the estimation of root-zone soil moisture from surface measurements. *Hydrology and Earth System Sciences* 18, 1199–1212.

Pathe, C. et al., 2009. Using ENVISAT ASAR global mode data for surface soil moisture retrieval over Oklahoma, USA. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 47, 468–480.

Wagner, W. et al., 1999. A Method for Estimating Soil Moisture from ERS Scatterometer and Soil Data. *Remote Sensing of Environment* 70, 191–207. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(99\)00036-X](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(99)00036-X)

## Spatio-temporal variability of daily crop water requirements and global trends of climate-driven water stress, from 1970 to 2019

Matteo Rolle<sup>1</sup>, Stefania Tamea<sup>1</sup>, Pierluigi Claps<sup>1</sup>

(1) Dipartimento di Ingegneri per l'Ambiente, il Territorio e le Infrastrutture (DIATI), Politecnico di Torino

### *Sommario*

Understanding the intricate relationship between climate forcings and agricultural water demand is fundamental to ensure global food security within an increasingly interconnected world. With agriculture consuming a significant portion of freshwater resources worldwide, it is crucial to quantify the impact of climate variability on crop irrigation requirements, in order to develop effective irrigation policies and facilitate large-scale water management. Moreover, since rainfed agriculture plays a central role in the global food supply, providing 60% of total production, it is heavily exposed to meteorological factors: assessing the climate-driven changes in crop water requirements is essential to identify water stress-related issues, highlighting potential weaknesses in the global food production. In recent years, the large availability of EO-based climate datasets is increasing the possibility of hydrological large-scale modelling and agricultural analyses.

This study deals with the spatio-temporal changes of crop water requirements over 50 years, considering 26 main agricultural products. A hydrological soil-water balance model was set up for the assessment of daily crop water requirement, considering both rainfed and irrigated scenarios. The analysis is based on the climate daily-aggregated data from of the ERA5 reanalysis dataset, provided within the Climate Change Service of the Copernicus Programme for multi-decade period. The study analyses the variability of water requirement induced by climate variability, assessing the periods of water stress and irrigation volumes per unit harvested areas.

Our findings reveal the evolution of water requirements from 1970 to 2019, highlighting statistically significant trends of water stress periods across rainfed regions and changes in irrigation requirements over irrigated lands. Nearly 40% of global rainfed areas show an increase of annual length of water stress, while 62% of irrigated lands demand more irrigation in the 2010s with respect to the 1970s. The irrigation requirement was estimated for every crop type, pointing out significant temporal increases in terms of requirement frequency with respect to the distribution of precipitation events during the growing seasons. A global assessment of crop requirement changes can support policies of water management in different areas of the world, considering also the effects of climate change in the densely harvested areas of the world.

### *Bibliografia*

Rolle M., Tamea S., Claps P. (2022). Climate-driven trends in agricultural water requirement: an ERA5-based assessment at daily scale over 50 years. *Environmental Research Letters*, 17 (4), 044017.

Rolle M., Tamea S., Claps P. (2021). ERA5-based global assessment of irrigation requirement and validation. *Plos One*, 16 (4), e0250979.

## Recent developments and applications of the HYDRUS model for the numerical analysis of processes in the vadose zone

Giuseppe Brunetti<sup>1</sup>, Jiri Simunek<sup>2</sup>, Diederik Jacques<sup>3</sup>, Tiantian Zhou<sup>4</sup>, and Miroslav Šejna<sup>5</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Università della Calabria, Rende, Italy*

(2) *Department of Environmental Sciences, University of California Riverside, Riverside, USA*

(3) *Belgian Nuclear Research Institute, Mol, Belgium*

(4) *Department of Land, Air and Water Resources, University of California Davis, Davis, USA*

(5) *PC-Progress, Ltd., Prague 2, Czech Republic*

Originally developed for the hydrological analysis of the vadose zone, the physically based model HYDRUS has evolved to become one of the most widespread numerical models in environmental and earth sciences. Since its first release, it is constantly expanded with new features and modules to enable scientists and practitioners to simulate multiple processes in the critical zone. In this work, we will review version 5 of HYDRUS, which resulted from merging earlier versions of HYDRUS-1D (4.x) and HYDRUS (2D/3D) (3.x), implementing the new integrated form of coupling PHREEQC with HYDRUS (HPx), and including new modules such as Furrow, PFAS, Particle Tracking, Dynamic Plant Uptake, Cosmic, Stable Isotopes, C-Ride, etc. The new HYDRUS GUI dramatically improves graphical capabilities and extends its compatibility to new Windows-based (e.g., 64) bit) operating systems. The new modules and capabilities include: a) the Particle Tracking module (to calculate soil water's transit times and their frequency distributions), b) the Cosmic module (to calculate cosmic-ray neutron fluxes and to use them to inversely estimate large-scale soil hydraulic properties), c) the Dynamic Plant Uptake (DPU) module (to calculate the translocation and transformation of chemicals in the soil-plant continuum), d) the PFAS module (to consider sorption on the air-water interface and the effects of concentration on viscosity and surface tension, and correspondingly on conductivities and pressure heads), e) the Isotope module (to consider the fate and transport of soil water isotopes with evaporation fractionation), f) the C-Ride module (to consider colloid and colloid-facilitated solute transport), and many other new options and graphical (e.g., two-dimensional z-t graphs of main variables) capabilities. Furthermore, we will also discuss future developments of HYDRUS, which will include: 1) a novel calibration suite encompassing Global Sensitivity Analysis, Global Optimization, Bayesian Inference, and Surrogate-based modeling; 2) a biophysical fruit model to simulate fruit growth and carbohydrates allocation in response to soil water conditions; 3) alternative root water uptake models; 4) a novel boundary condition to simulate overland flow.

## Towards a better understanding of the impact of irrigation on the water cycle through satellite-derived irrigation estimates

Jacopo Dari <sup>1,2</sup>, Renato Morbidelli <sup>1</sup>, Pere Quintana-Seguí <sup>3</sup>, Anais Barella-Ortiz <sup>3</sup>, Mehdi Rahmati <sup>4,5</sup>, Carla Saltalippi <sup>1</sup>, Alessia Flammini <sup>1</sup>, Luca Brocca <sup>2</sup>

(1) *Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of Perugia, via G. Duranti 93, 06125 Perugia, Italy*

(2) *National Research Council, Research Institute for Geo-Hydrological Protection, via Madonna Alta 126, 06128 Perugia, Italy*

(3) *Observatori de l'Ebre (OE), Ramon Llull University - CSIC, 43520 Roquetes, Spain*

(4) *Dept. of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran*

(5) *Institute of Bio and Geosciences (IBG), Forschungszentrum Jülich, 52428 Jülich, Germany*

### *Abstract*

Agricultural water use largely prevails on domestic and industrial ones, often resulting in not-negligible imbalances in the water budget over anthropized basins due to irrigation. The purpose of this work is to assess how such water use affects hydrological fluxes and state variables by comparing two SURFEX/ISBA (*SURFace EXternalisée/Interaction Sol Biosphère Atmosphère*) LSM (Land Surface Model) simulations. The first one is forced by atmospheric input only, while in the second one remote sensing-derived irrigation amounts obtained in Dari et al. (2020) are added to the liquid precipitation to resemble sprinkler irrigation. The experiment is carried out over a portion of the Ebro basin, in Spain, enclosing a heavily irrigated area. In order to assess the hydrological implications of irrigation practices, four hydrological output variables are compared in the two configurations: surface soil moisture (SM), total evaporative flux (E), drainage, and runoff. Results indicate that SM and E are the components mostly impacted during the highest-intensity irrigation season, with a maximum average monthly increase of + 30% and of + 220% in July for SM and E, respectively, over the agricultural districts. The physical robustness of the results is supported by a comparison with reference evaporation data from GLEAM (Global Land Evaporation Amsterdam Model) v3.7b. In fact, E amounts from the simulation with irrigation result closer to GLEAM rates with respect to those reproduced by the natural configuration. The inclusion of irrigation determines a decrease in the RMSE against GLEAM reference data of -21.2% considering the whole study period and of - 44.0% if the main watering seasons only are considered. In addition, the reliability of the experiment carried out is further corroborated by an in-depth assessment of the mutual relationships between the injected irrigation and the changes induced in the examined output variables carried out through the wavelet coherence analysis (WCA).

### *References*

Dari, J., Brocca, L., Quintana-Seguí, P., Escorihuela, M.J., Stefan, V., Morbidelli, R. (2020). Exploiting high-resolution remote sensing soil moisture to estimate irrigation water amounts over a Mediterranean region. *Remote Sensing*, 12, 2593.

## Proposal of a phenological soil water balance using crop coefficients at watershed level for a better water resources management

Michele Bartolucci<sup>1</sup>, Francesco Veneri<sup>2</sup>

(1) *PhD, independent researcher, Urbino, Italy. Email bartoluccimichele@virgilio.it*

(2) *Università degli Studi di Urbino Carlo Bo, Dipartimento di Scienze Pure e Applicate, Campus Scientifico "Enrico Mattei", via Ca' le Suore 2/4, 61029 - Urbino (PU), Italy.*

### *Abstract*

The aim of the research was to develop a model that would allow the application, at a watershed scale, of the soil hydrological balance model proposed by the FAO [1] for the dosing of irrigation water in agriculture, which uses crop coefficients ( $K_c$ ) for the calculation of potential crop evapotranspiration ( $ET_c$ ).

To be able to assess the water resources of a territory in which there are land uses other than agricultural ones, the application of the proposed model has made it necessary to determine the crop coefficients of the latter. Since crop coefficients vary according to phenological phase, this model was termed 'phenological'.

A correction factor for precipitation and potential evapotranspiration, using an acclivity coefficient (i.e., the ratio between the actual area and the projected area), has also been proposed to obtain accurate results even in non-flat areas, which allowed us to consider the actual area of the territory instead of the projected one.

The model was applied daily for 7 consecutive years (from 2013 to 2019) in the Santa Maria degli Angeli watershed (Urbino, central Italy) whose area is about 14 km<sup>2</sup>, digitising the input data and processing it with GIS.

The calibration and validation of the model were conducted by comparing the deep percolation obtained by the phenological model with baseflow values of the Santa Maria degli Angeli stream obtained by flow measurements made at the closing section of the sample watershed.

The results of the model showed that the total values of deep percolation and measured baseflow only differed by 3% in the whole period considered; thus the phenological water balance model can be used to accurately estimate water resources and can be applied at different time intervals (daily, weekly, monthly, etc.). The structure of the model makes it suitable for application in both small and large watersheds and territories.

### *References*

[1] Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. In: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, pp 300.

## Utilizzo dei dati di rianalisi di umidità del suolo per il miglioramento delle prestazioni delle soglie idro-meteorologiche per la previsione delle frane

Nunziarita Palazzolo<sup>1</sup>, Pierpaolo Distefano<sup>1</sup>, Luca Piciullo<sup>2</sup>, Enrico Creaco<sup>3</sup>, Pietro Scandura<sup>1</sup>, Antonino Cancelliere<sup>1</sup>, David J. Peres<sup>1</sup>

- (1) *Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università degli Studi di Catania, Catania*
- (2) *Norwegian Geotechnical Institute - NGI, Natural Hazards, Oslo, Norway*
- (3) *Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università degli Studi di Pavia, Pavia*

### *Sommario*

Una componente fondamentale dei sistemi di allertamento per il rischio idrogeologico è costituita da soglie in grado di fornire le condizioni al di sopra delle quali possono innescarsi delle frane in una determinata regione. Le soglie d'innescio di tipo idro-meteorologico considerano sia caratteristiche di precipitazione che informazioni sull'umidità del suolo o sull'immagazzinamento idrico nel suolo del bacino, e si contrappongono a soglie tradizionali basate solo sulle piogge (tipicamente soglie intensità-durata). La maggior parte delle soglie idro-meteorologiche proposte in precedenti studi utilizza l'informazione di umidità del suolo riferita ad una singola profondità. L'uso di un solo strato permette di mantenere le soglie semplici e bidimensionali al fine da essere facilmente interpretabili. Tuttavia, dati di umidità del suolo a più profondità stanno diventando sempre maggiormente disponibili (ad esempio da modellistica idrologica a grande scala o da progetti di rianalisi) e possono rappresentare una valida informazione per migliorare le capacità previsionali delle soglie, tenendo conto della possibilità di utilizzare approcci basati sull'intelligenza artificiale (Distefano et al., 2022) o tecniche di analisi statistica multivariata (Palazzolo et al., 2023). In questo studio, si propone una metodologia per l'identificazione di soglie idro-meteorologiche bidimensionali che, grazie all'utilizzo dell'analisi statistica multivariata delle componenti principali (PCA), permettono di sfruttare l'informazione di umidità del suolo relativa a più strati. Per una valutazione più oggettiva, inoltre, si propone una nuova forma della soglia di innesco definita dall'equazione di una spezzata a quattro parametri, maggiormente flessibile rispetto alle scelte tradizionali (e.g., legge di potenza o bilineare). La metodologia proposta è stata testata per la Sicilia, utilizzando i dati di umidità del suolo forniti a quattro distinte profondità dal progetto di rianalisi ERA5-Land (Muñoz Sabater, 2021) e i dati di precipitazione osservata forniti dalle principali reti di monitoraggio dell'isola. I risultati, espressi in funzione del True Skill Statistic Index (TSS), uno dei principali indici ROC (Receiver Operating Characteristics), confermano le più elevate prestazioni dell'approccio idro-meteorologico, nonostante l'elevata risoluzione spaziale dei dati di rianalisi e la loro limitata precisione. In particolare, il TSS delle tradizionali soglie pluviometriche intensità-durata è pari a 0,5, mentre il TSS delle soglie idrometeorologiche proposte è significativamente più elevato (TSS = 0,71). Nonostante le semplificazioni introdotte dall'uso di una soglia bidimensionale derivata tramite PCA, le prestazioni ottenute sono di poco inferiori rispetto a quelle di soglie derivate tramite tecniche di intelligenza artificiale, quali reti neurali.

### *Bibliografia*

Distefano, P., Peres, D. J., Scandura, P., and Cancelliere, A. (2022). Brief communication: Introducing rainfall thresholds for landslide triggering based on artificial neural networks, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22, 1151–1157, <https://doi.org/10.5194/nhess-22-1151-2022>.

Muñoz Sabater, J. (2021). ERA5-Land hourly data from 1950 to present, Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS) [data set], <https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac>.

Palazzolo, N., Peres, D. J., Creaco, E., and Cancelliere, A. (2023). Using principal component analysis to incorporate multi-layer soil moisture information in hydrometeorological thresholds for landslide prediction: an investigation based on ERA5-Land reanalysis data, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23, 279–291, <https://doi.org/10.5194/nhess-23-279-2023>.

## Servizio Idrografico della Regione Umbria: strumenti interattivi per la diffusione di dati idro-meteorologici, studi ed analisi a supporto della gestione della risorsa idrica e della valutazione del rischio idraulico

Marco Dionigi<sup>1</sup>, Marco Stelluti<sup>2</sup>, Christian Massari<sup>1</sup>, Sandro Costantini<sup>2</sup>, Stefano Nodessi Proietti<sup>2</sup>, Silvia Barbetta<sup>1</sup>

(1) *Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca per la Protezione Idro-geologica (CNR-IRPI), Perugia.*

Email: [marco.dionigi@irpi.cnr.it](mailto:marco.dionigi@irpi.cnr.it) – [silvia.barbetta@irpi.cnr.it](mailto:silvia.barbetta@irpi.cnr.it) – [christian.massari@irpi.cnr.it](mailto:christian.massari@irpi.cnr.it)

(2) *Regione Umbria – Idrografico Regionale - Servizio Risorse Idriche e Rischio Idraulico, Piazza Partigiani 1 Perugia.*

E-mail: [mstelluti@regione.umbria.it](mailto:mstelluti@regione.umbria.it)

I dati idro-meteorologici sono fondamentali per caratterizzare dal punto di vista climatologico un'area e capire se e quanto sia colpita dagli effetti connessi al cambiamento climatico. Pertanto, è fondamentale che i gestori delle reti idro-meteorologiche mettano a disposizione i dati raccolti, possibilmente in tempo reale, gli archivi storici e gli studi di settore a tutti i soggetti interessati (sia istituzionali che privati), in formati facilmente fruibili ed accessibili.

La Regione Umbria è stata la prima ad istituire il servizio idrografico regionale e la prima ad installare un sistema di monitoraggio in telemisura.

Dalla data della sua istituzione il 29/07/1985 il Servizio Idrografico della Regione Umbria (SI-Umbria) ha sviluppato un sistema di monitoraggio in tempo reale che controlla i principali nodi del reticolo idrografico e che acquisisce ogni 5 minuti le misurazioni idro-meteorologiche in stazioni strumentate dislocate sul territorio regionale.

Il sistema è stato continuamente incrementato, si è passati dalle 15 stazioni del 1985 alle attuali 130.

Oggi SI-Umbria cura ogni adempimento relativo ad acquisizione, elaborazione, pubblicazione ed utilizzazione dei dati idrologici ed idrometrici dell'intero territorio regionale. Effettua studi ed indagini su base idrologica, assiste Enti ed istituzioni per elaborazioni progettuali basate su presupposti idrologici ed inoltre svolge un compito di controllo e sorveglianza sulle derivazioni ed utilizzazioni delle acque.

Di recente realizzazione ed in continuo aggiornamento sono una piattaforma, accessibile al link <https://servizioidrografico.regione.umbria.it/>, in grado di fornire in formato "open data" i dati di pioggia, temperatura, livello idrometrico e portata, raccolti dal 1925 ed il "Cruscotto operativo del Servizio Idrografico della Regione Umbria", con il quale è possibile interrogare, sovrapporre, fare analisi sui dati storici presenti negli annali della Regione Umbria, in modo tale da avere grafici e tabelle per interpretare anche dal punto di vista statistico i fenomeni storici o in atto.

In fase di sviluppo è un sistema automatizzato, collegato alla rete di acquisizione in tempo reale del livello idrometrico delle principali stazioni ubicate nel territorio regionale, in grado di supportare i tecnici incaricati nella pianificazione dell'esecuzione delle misure di portata, fondamentali per l'aggiornamento e lo sviluppo delle scale di deflusso.

Grazie a tale sistema, che terrà conto dello storico delle portate osservate nelle campagne di misura eseguite, sarà possibile avere una precisa indicazione di quando effettuare la misura di portata in funzione di una soglia prestabilita del livello idrometrico, raggiunto in una data stazione, oltre la quale si riscontra carenza o assenza di misure. Ciò darà la possibilità di ottimizzare al massimo le risorse tecniche a disposizione della Regione e di sviluppare scale dei deflussi più accurate anche per alti livelli di portata fluviale.

Le attività descritte hanno visto la fattiva collaborazione degli uffici "Transizione al digitale della PA, Semplificazione, Innovazione tecnologica, Transizione al digitale delle imprese, Agenda Digitale" e del gruppo di idrologia del CNR-IRPI di Perugia.

## The impacts of human pressure on surface water resources in Italy

Irene Palazzoli, Serena Ceola, Alessio Domeneghetti, Gianluca Lelli

*Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Bologna, Italy*

### *Sommario*

Surface water (i.e., any type of water bodies on the Earth's surface, such as rivers, lakes, and reservoirs) represents a major resource for humans and the environment, as it sustains and preserves the biodiversity of aquatic and terrestrial ecosystems while also supplying water to societies (Cooley et al., 2021). However, in the coming decades population growth and the associated increase of urban and irrigation water demand are expected to seriously threaten surface water bodies worldwide (He et al., 2021). Indeed, shrinking local water bodies in the proximity of cities and irrigated cropland often indicate the presence of an anthropogenic overstress of surface water (Padowski & Gorelick, 2014; Hoekstra et al., 2018). In addition, climate change is exacerbating these impacts due human activities. For instance, recently, Italy has been affected by several drought events that significantly reduced crop production and impacted economy of the country (Baronetti et al., 2022; Romano et al., 2022). Within such a challenging context, it is crucial to better understand the influence that human pressure exerts on surface water, especially in areas that are exposed and vulnerable to climate change.

In this work, we investigated the role played by urban areas and irrigated croplands on the depletion of surface water bodies across Italy using remotely sensed products. Specifically, we employed the Surface Water Transition layer from the Global Surface Water dataset (Pekel et al., 2016) to assess the extent and the location of areas where a conversion from surface water to land occurred between 1984 and 2020, while the location and extent of urban areas and irrigated croplands was extracted from the Built-Up layer of the Global Human Settlement dataset (Corbane et al, 2019) and the Corine Land Cover 2018 product (EEA, 2022), respectively. To analyze the spatial influence of human pressure on surface water resources we defined a distance-decay model that effectively reproduces the observed decay in the occurrence of surface water loss as a function of distance from urban and irrigated areas, following the approach developed in Palazzoli et al. (2022). Our results show that surface water losses exponentially decrease as the distance from urban and irrigated areas increases. Finally, we included national data on flood hazard zones (Iadanza et al., 2021) to check for potential relations between surface water depletion and flooded areas.

This analysis will provide unprecedented insights on the link between urban and irrigated areas and the spatial distribution of surface water losses in Italy, which is key for the definition of sustainable water management strategies that guarantee water conservation, ecosystem protection, and meet a growing water demand.

### *Bibliografia*

Baronetti, A., Dubreuil, V., Provenzale, A. et al. (2022). Future droughts in northern Italy: high-resolution projections using EURO-CORDEX and MED-CORDEX ensembles. *Climatic Change* 172, 22.

Cooley, S.W., Ryan, J.C., Smith, L.C. (2021). Human alteration of global surface water storage variability. *Nature*, 591(7848), pp. 78–81.

Corbane, C., Pesaresi, M., Kemper, T., Politis, P., Florczyk, A.J., Syrris, V., Melchiorri, M., Sabo, F., Soille, P. (2019). Automated global delineation of human settlements from 40 years of Landsat satellite data archives. *Big Earth Data*, 3(2), pp. 140–169.

European Environment Agency (EEA). Copernicus Land Monitoring Service (2023). © European Union.

He, C., Liu, Z., Wu, J. et al. (2021). Future global urban water scarcity and potential solutions. *Nature Communication* 12, 4667.

Hoekstra, A.Y., Burman, J., van Ginkel, K.C.H. (2018). Urban water security: A review. *Environmental Research Letters*, 13(5), p. 053002.

Iadanza, C., Trigila, A., Starace, P., Dragoni, A., Biondo, T., Roccisano, M. (2021). IdroGEO: A Collaborative Web Mapping Application Based on REST API Services and Open Data on Landslides and Floods in Italy. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 10, 89.

Padowski, J.C., Gorelick, S.M. (2014). Global analysis of urban surface water supply vulnerability. *Environmental Research Letters*, 9(10), p. 104004.

Palazzoli, I., Montanari, A., Ceola, S. (2022). Influence of urban areas on surface water loss in the contiguous United States. *AGU Advances*, 3, e2021AV000519.

Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N., Belward, A.S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), pp. 418–422.

Romano, E., Petrangeli, A. B., Salerno, F., Guyennon, N. (2022). Do recent meteorological drought events in central Italy result from long-term trend or increasing variability? *International Journal of Climatology*, 42(7), 4111– 4128.

## Metriche a supporto dell'analisi delle immagini per il monitoraggio delle portate fluviali

Silvano F. Dal Sasso<sup>1</sup>, Alonso Pizarro<sup>2</sup>, Salvatore Manfreda<sup>3</sup>

(1) *Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo (DiCEM), Università degli Studi della Basilicata, Matera.. Email: [silvano.dalsasso@unibas.it](mailto:silvano.dalsasso@unibas.it)*

(2) *Escuela de Ingeniería en Obras Civiles, Universidad Diego Portales, Santiago, Chile. E-mail: [alonso.pizarro@mail.udp.cl](mailto:alonso.pizarro@mail.udp.cl)*

(3) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA), Università degli Studi di Napoli Federico II. E-mail: [salvatore.manfreda@unina.it](mailto:salvatore.manfreda@unina.it)*

### *Abstract*

L'analisi delle immagini consente il monitoraggio delle portate fluviali come alternativa alle stazioni di misura standard. Telecamere fisse, smartphone e/o Sistemi a Pilotaggio Remoto (SAPR) possono essere utilizzati per acquisire dati RGB, termici o multispettrali utili alla stima della velocità superficiale della corrente fluviale. Tuttavia ad oggi, il framework per l'utilizzo di queste tecniche presenta alcune limitazioni a livello operativo, principalmente a causa della mancanza di procedure standardizzate e dell'incertezza non quantificata nei risultati. Le possibili ragioni sono da attribuirsi a fattori ambientali, quali la mancanza di pattern sufficientemente distribuiti, cambiamenti nelle condizioni di illuminazione, rumore generato dal movimento della vegetazione acquatica o dal vento e stabilità dei video (Strelnikova et al., 2023).

L'individuazione e quantificazione, nello spazio e nel tempo, delle caratteristiche del materiale tracciante in termini di (i) densità di particelle per unità di superficie, (ii) indice di dispersione dei traccianti durante il periodo di acquisizione può consentire di migliorare le prestazioni delle tecniche ottiche. A tale riguardo, Pizarro et al., 2020, mediante l'analisi di immagini sintetiche, hanno quantificato l'errore associato alle tecniche ottiche in funzione di tali metriche e hanno formulato di un indice sintetico denominato SDI (Seeding Distribution Index). Tale indice è stato applicato con successo in diversi casi studio e a varie scale spaziali (sezione trasversale e sotto-sezioni) consentendo un miglioramento delle performance tra il 15 e il 40% (Dal Sasso et al., 2021).

Il presente lavoro è finalizzato a descrivere i principali vantaggi nell'uso delle metriche, investigando sulle performance delle tecniche ottiche in funzione dell'andamento dell'indice SDI. Gli esperimenti di campo hanno evidenziato che l'uso di tale indice può consentire: 1) di individuare efficacemente la porzione di video ottimale da analizzare limitando i tempi di elaborazione; 2) di orientare la scelta del tecnica ottica da utilizzare e del relativo setup; 3) di guidare la fase di pre-processamento delle immagini (e.g. ricampionamento della frequenza di acquisizione); 4) di migliorare la conoscenza a scala locale del campo di moto superficiale della corrente. Questi algoritmi hanno un grande potenziale per il monitoraggio qualitativo dei corsi d'acqua e possono essere efficacemente implementati nell'ambito di stazioni fisse di monitoraggio ottico in continuo delle portate fluviali.

### *Bibliografia*

Dal Sasso S.F., Pizarro A., Pearce S., Maddock I., Manfreda S. (2021). Increasing LSPIV performances by exploiting the seeding distribution index at different spatial scales, *Journal of Hydrology*, 598, 126438.

Pizarro A., Dal Sasso S.F., Perks M., Manfreda S. (2020). Identifying the optimal spatial distribution of tracers for optical sensing of streamsurface flow. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2020, 24(11), pp. 5173–5185, 5173-2020.

Strelnikova D., Perks M. T., Dal Sasso S. F., Pizarro A. (2023). In: (a cura di): Manfreda S and Ben Dor E., *Unmanned Aerial Systems for Monitoring Soil, Vegetation, and Riverine Environments*. Elsevier, doi: 10.1016/B978-0-323-85283-8.00012-6

# Evaluating the Accuracy of Regional and European Gridded Precipitation Products in Emilia-Romagna: An Indirect Assessment through Rainfall-Runoff Model Application

Gökhan Sarıgil<sup>1</sup>, Mattia Neri<sup>1</sup>, Elena Toth<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Viale del Risorgimento 2, 40136 – Bologna*

## Summary

Accurate meteorological forcings are a fundamental component for reliable hydrological modeling. Gridded meteorological products offer spatially distributed information facilitating hydrological model applications: they are a convenient alternative to the ad-hoc spatial interpolation of ground measures for the estimation of the spatial fields of precipitation and temperature. In addition, they are often available at large scale (e.g. regional or continental scale), easing the application on large basin samples, and generally enhancing the replicability of the experiments. Nevertheless, the accuracy of these products varies consistently in space and it must be rigorously assessed to ensure the validity of model simulations.

This study aims to assess the accuracy of two daily gridded meteorological products, namely E-OBS and ERG5-Eraclito, in a set of catchments within the Emilia-Romagna region, Italy. To evaluate their reliability, we adopt an indirect evaluation method by assessing the performance of a conceptual hydrological model forced with the two gridded meteorological products, over a set of catchments in the region.

E-OBS gridded dataset is produced by the European Climate Assessment & Dataset (ECA&D) project, which aims to provide climate data to support various research and policy applications (Cornes et al., 2018). The dataset comprises daily climatic variables at  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  over Europe. On the other hand, ERG5-Eraclito is developed and maintained by the Agenzia Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente dell'Emilia-Romagna (ARPAE, Antolini et al., 2016). This dataset offers 5 x 5 km daily climatic variables over the hydrological boundaries of the Emilia-Romagna region.

For the study catchments, two distinct meteorological forcings including areal mean precipitation, temperature, and potential evapotranspiration (via a simplified radiation approach) were estimated using the two gridded products. The daily streamflow data obtained from ARPAE for the period 2003-2021 has undergone a validation process.

The rainfall-runoff model used for the indirect validation is the CemaNeige-GR6J (Coron et al., 2017; Coron et al., 2023): it is a daily lumped and continuously simulating hydrological model. The model combines the CemaNeige snow accounting routine with the GR6J conceptual rainfall-runoff model. We investigate the performances of the model in simulating streamflow, in order to get insights on the reliability of the gridded products, over the different catchments and along the years.

## Bibliography

Antolini, G., Auteri, L., Pavan, V., Tomei, F., Tomozeiu, R., & Marletto, V. (2016). A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna, Italy, during 1961–2010. *International Journal of Climatology*, 36(4), 1970-1986.

Cornes, R. C., van der Schrier, G., van den Besselaar, E. J., & Jones, P. D. (2018). An ensemble version of the E-OBS temperature and precipitation data sets. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(17), 9391-9409.

Coron, L., Thirel, G., Delaigue, O., Perrin, C. and Andréassian, V. (2017). The Suite of Lumped GR Hydrological Models in an R package. *Environmental Modelling and Software*, 94, 166-171, doi: 10.1016/j.envsoft.2017.05.002.

Coron, L., Delaigue, O., Thirel, G., Dorchies, D., Perrin, C. and Michel, C. (2023). airGR: Suite of GR Hydrological Models for Precipitation-Runoff Modelling. R package version 1.7.4, doi: 10.15454/EX11NA, URL: <https://CRAN.R-project.org/package=airGR>.

## Il ruolo delle proprietà idrauliche dei mezzi porosi nei sistemi di drenaggio urbano sostenibili: indagini sperimentali all'interno del progetto URCA!

Michele Turco<sup>1</sup>, Anna Palla<sup>2</sup>, Ilaria Gnecco<sup>2</sup>, Marco Maglionico<sup>3</sup>, Margherita Evangelisti<sup>3</sup>, Francesca Cozzolino<sup>3</sup>, Sara Todeschini<sup>4</sup>, Giovanna Grossi<sup>5</sup>, Arianna Dada<sup>5</sup>, Alberto Paolo Campisano<sup>6</sup>, Aurora Gullotta<sup>6</sup>, Fabrizio Musmeci<sup>6</sup>, Ruggero Ermini<sup>7</sup>, Stefania Anna Palermo<sup>1</sup>, Patrizia Piro<sup>1</sup>

- (1) *Dipartimento di Ingegneria Civile (DINCI), Università della Calabria, Rende*
- (2) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica ed Ambientale (DICCA), Università degli Studi di Genova, Genova*
- (3) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM), Università di Bologna, Bologna*
- (4) *Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAr), Università degli Studi di Pavia, Pavia*
- (5) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica (DICATAM), Università degli Studi di Brescia, Brescia*
- (6) *Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura (DICAR), Università degli studi di Catania, Catania*
- (7) *Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo (DICEM), Università della Basilicata, Matera*

### *Sommario*

Negli ultimi anni le città di tutto il mondo stanno crescendo in modo esponenziale. Le recenti stime prevedono che entro il 2030 circa il 60% della popolazione mondiale vivrà nelle aree urbane. La sostituzione di superfici permeabili con le corrispettive impermeabili, dovuta alla crescente richiesta di nuovi spazi urbanizzati, ha causato, nelle aree urbane, diverse problematiche nel campo della gestione delle acque meteoriche quali l'aumento della vulnerabilità delle città rispetto al fenomeno degli allagamenti.

In questo contesto, al fine di perseguire i principi di invarianza idraulica e idrologica, ripristinare progressivamente il regime idrologico e idraulico naturale antecedente lo sviluppo urbanistico e conseguire, quindi, la riduzione quantitativa dei deflussi, la comunità scientifica ha focalizzato gli studi e le ricerche verso l'implementazione di sistemi di drenaggio urbano sostenibili (SUD). Tra questi, i tetti verdi e le pareti verdi sono divenuti molto popolari negli ultimi anni grazie ai numerosi benefici (idrologici, idraulici, termici, ambientali) che apportano negli ecosistemi in cui sono inseriti.

Uno degli obiettivi del progetto URCA! (Urban Resilience to Climate change: Activation of participatory mapping and decision support tool for enhancing the sustainable urban drainage) finanziato nel programma PRIN 2020, sviluppato nel WP5 del progetto, è quello di studiare le diverse componenti tecnologiche dei pacchetti drenanti dei sistemi SUD, al fine di definirne il comportamento idrologico/idraulico, mediante la determinazione della curva di ritenzione idrica (SWRC). Tale curva, che descrive la capacità dei mezzi porosi di trattenere o rilasciare l'acqua, è una funzione altamente non lineare influenzata dalla struttura e dalla tessitura degli elementi costituenti il mezzo poroso e può essere stimata considerando diversi metodi.

In questo lavoro sono mostrati i risultati ottenuti dalle indagini sperimentali condotte su diversi substrati colturali per sistemi a verde pensile. Le proprietà idrauliche dei mezzi porosi analizzati sono state valutate applicando il metodo di Wind-Schindler mediante l'utilizzo del dispositivo HYPROP. Tra i modelli di

letteratura che stimano la SWRC, i modelli unimodale e bimodale di van Genuchten sono stati scelti per interpretare i dati sperimentali.

#### *Bibliografia*

Mualem, Y. (1976) A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research*, 12(3), 513–522.

Schindler (1980) Ein Schnellverfahren zur Messung der Wasserleitfähigkeit im teilgesättigten Boden an Stechzylinderproben.

Schindler, Uwe, Durner, W., von Unold, G., Mueller, L., and Wieland, R. (2010a) The evaporation method: Extending the measurement range of soil hydraulic properties using the air-entry pressure of the ceramic cup. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173(4), 563–572.

Schindler, U, Durner, W., von Unold, G., and Muller, L. (2010b) Evaporation Method for Measuring Unsaturated Hydraulic Properties of Soils: Extending the Measurement Range. *Soil Sci Soc Am J*, 74(4), 1071–1083.

van Genuchten, M. T. (1980) A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. *Soil Science Society of America Journal* 44(5)

Wind, G. P. (1969) "Capillary conductivity data estimated by a simple method" in *Water in the Unsaturated Zone, Proceedings of Wageningen Symposium*.

## CorkDetective: Un sistema di monitoraggio in tempo reale della rete pluviometrica ligure.

Edoardo Rocca<sup>1</sup>, Angelo Forestieri<sup>2</sup>, Pierluigi Claps<sup>3</sup>

(1) *CIMA Research Foundation, Savona*

(2) *Ufficio Previsioni e Analisi Idrologiche, U.O. Clima Meteo Idro ARPAL, Genova*

(3) *Dipartimento di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio (DIATI), Politecnico di Torino, Torino*

### *Sommario*

Nel campo dell'idrologia operativa la misura pluviometrica e la stima radar sono due componenti indispensabili e complementari per il calcolo quantitativo delle piogge e per l'analisi della loro evoluzione spazio-temporale. In particolar modo, una corretta comprensione fenomenologica degli eventi in tempo reale diventa cruciale quando si entra nel campo del monitoraggio nowcasting di protezione civile. Sebbene il sistema di acquisizione radar possieda consolidati metodi di corretta interpretazione delle stime di pioggia, risultano solo di recente sperimentazione alcuni sistemi di verifica in continuo dello stato delle reti pluviometriche. Questo fatto rappresenta una carenza nel collaudato sistema di monitoraggio in tempo reale delle piogge, alla quale questo lavoro cerca di rispondere. Tale aspetto è ancora più decisivo in una regione con una geomorfologia complessa come la Liguria, storicamente colpita da intensi e frequenti fenomeni idrogeologici. Alla luce dell'importanza della qualità dei dati per una ottimale modellazione idrologica, in questa tesi è sviluppato CorkDetective, un metodo in grado di definire quantitativamente la qualità del dato pluviometrico. La procedura è strutturata su controlli logici fisicamente basati che, accuratamente combinati tra loro, permettono di individuare la bontà di misura di ciascuna stazione e definirne un indice di qualità quantitativo (QI). I controlli si basano essenzialmente sui seguenti principi chiave: la coerenza spaziale e quella temporale delle piogge registrate dalla rete pluviometrica, e la consistenza di queste con le stime radar. L'ossatura del metodo, basata sulla combinazione logica di semplici controlli, è il punto di forza che permette a futuri utilizzatori una buona comprensione delle verifiche implementate,

oltre a minori costi in termini computazionali. Questi sono principi decisivi per una procedura destinata al monitoraggio real-time.

In fase di back analysis, la procedura proposta è risultata capace di riconoscere le stazioni pluviometriche critiche, in particolare individuando il problema tipico di occlusione, causato sia dalla deposizione di residui organici che dall'accumulo di precipitazioni nevose. Inoltre, l'indice di qualità dei dati di pioggia QI si è reso utile in fase di riconoscimento delle criticità di misura in tempo reale, ma allo stesso tempo può supportare per successive rielaborazioni idrologiche su una scala temporale maggiore. Infatti, nell'ambito della ricerca idrologica è noto quanto possa essere prezioso poter definire un grado di affidabilità quantitativo delle misure pluviometriche, che costituiscono il dato di base per innumerevoli applicazioni.

### *Bibliografia*

Rocca E., Forestieri A., Claps P. (2023). Un sistema di monitoraggio in tempo reale della rete pluviometrica ligure: sviluppo ed applicazione dell'algoritmo CorkDetective, Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Politecnico di Torino. <https://webthesis.biblio.polito.it/26260>

## Distribuzione della velocità e fenomeno del *Dip* in canali naturali

Marco Dionigi<sup>1</sup>, Silvia Barbetta<sup>1</sup>, Tommaso Moramarco<sup>1</sup>

(1) *Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca per la Protezione Idro-geologica (CNR-IRPI), Perugia. Email: marco.dionigi@irpi.cnr.it silvia.barbetta@irpi.cnr.it t.moramarco@irpi.cnr.it*

### *Sommario*

Il “*velocity-dip*”, ovvero il fenomeno per il quale la massima velocità del flusso è posizionata al di sotto della superficie libera del corso d'acqua, è oggetto di notevole interesse scientifico.

Sono state condotte diverse esperienze di laboratorio per investigare il processo. In particolare, Yang (2004) ha monitorato i profili di velocità in un canale sperimentale rettangolare liscio, rappresentando la posizione della velocità massima in un profilo verticale in funzione di un coefficiente  $\alpha$ , il cui valore, dipendendo dalla distanza del punto di massima velocità dal fondo e dalla lama d'acqua, si annulla quando la posizione della velocità massima corrisponde alla superficie liquida, e assume valori maggiori di zero in presenza del *dip*. I risultati sperimentali ottenuti hanno dimostrato che il fenomeno del *dip* si manifesta principalmente in prossimità delle sponde del canale.

Il presente lavoro è finalizzato ad analizzare il fenomeno del *dip* in canali naturali investigando l'andamento del valore del coefficiente  $\alpha$  in funzione della posizione della verticale di misura nell'area liquida. Le misure correntometriche condotte in tre sezioni idrometriche lungo il Fiume Tevere (Santa Lucia, Ponte Felcino, Ponte Nuovo) e in una sezione idrometrica del Fiume Po (Pontelagoscuro) sono utilizzate per l'analisi. In totale, sono state analizzate 44 misure di velocità, per un totale di 388 verticali di misura.

I risultati hanno evidenziato che in tutte le sezioni, caratterizzate da geometria e condizioni idrauliche differenti, il valore di  $\alpha$  tende a decrescere da valori anche superiori ad uno in prossimità delle sponde fino a valori prossimi allo zero in prossimità del centro della sezione.

Le condizioni di flusso nelle sezioni fluviali naturali, rispetto a quelle dei dati sperimentali in laboratorio, comportano l'insorgere di correnti secondarie in prossimità delle sponde, causate da variazioni di scabrezza, ostacoli o irregolarità, che possono comportare errori nell'esecuzione delle misure correntometriche. Complessivamente, i risultati ottenuti mostrano che nei canali naturali la variazione del valore del coefficiente  $\alpha$  in funzione della posizione della verticale nella sezione liquida è in accordo con le evidenze delle misure sperimentali, evidenziando una tendenza del fenomeno del *dip* a manifestarsi in prossimità delle sponde fluviali. Questo risultato è fondamentale per la valutazione della distribuzione del “*dip*” nell'area di flusso della sezione liquida, favorendo di fatto la conoscenza del solido di velocità.

### *Bibliografia*

Yang, Shu-Qing & Tan, Soon & Lim, Siow-Yong. (2004). Velocity Distribution and Dip-Phenomenon in Smooth Uniform Open Channel Flows. *Journal of Hydraulic Engineering-asce - J HYDRAUL ENG-ASCE*. 130. 10.1061/(ASCE)0733-9429(2004)130:12(1179).

## Tetti verdi: percezione e interesse dei cittadini

Elena Cristiano<sup>1</sup>, Roberto Deidda<sup>1</sup>, Francesco Viola<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR), Università degli Studi di Cagliari, Cagliari.*

### *Sommario*

Negli ultimi anni, tra le varie soluzioni nature-based proposte per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, i tetti verdi sono stati ampiamente studiati, dimostrando come la loro implementazione a larga scala possa contribuire allo sviluppo sostenibile delle città. I tetti verdi, infatti, oltre a migliorare il valore estetico dell'ambiente urbano, offrono molteplici vantaggi, favorendo, ad esempio, la mitigazione degli allagamenti, la riduzione dell'effetto isola di calore urbana, il risparmio energetico anche grazie al contributo all'isolamento termico degli edifici, l'aumento della biodiversità, il miglioramento della qualità dell'aria attraverso il sequestro di CO<sub>2</sub> ed incrementando.

Sebbene i benefici dei tetti verdi siano largamente riconosciuti, la percezione che la comunità ha di queste strutture e la propensione a pagare per la loro installazione e manutenzione nelle aree urbane non è ancora chiara né tantomeno quantificata. Questi aspetti sono fondamentali per urbanisti e decisori politici, poiché permettono di stimare l'interesse e la partecipazione della comunità allo sviluppo sostenibile delle aree urbane.

L'obiettivo di questo lavoro è, quindi, quello di analizzare come i cittadini percepiscano i tetti verdi e quanto siano disposti a pagare per l'installazione e la manutenzione di queste soluzioni nature-based. Attraverso la realizzazione un questionario anonimo condiviso online è stato possibile indagare sulla conoscenza dei tetti verdi e la percezione di essi come potenziale soluzione a problemi ambientali comuni (in particolare, allagamenti urbani, aumento della temperatura, elevato consumo energetico per riscaldamento/raffreddamento degli ambienti interni, inquinamento atmosferico e mancanza di spazi verdi), e l'interesse e la disponibilità a pagare per l'installazione di tetti verdi su tetti sia pubblici che privati. Sulla base delle risposte di circa 400 cittadini residenti in Sardegna (Italia), le analisi hanno rivelato che la maggior parte dei cittadini ha una conoscenza almeno minimale dei tetti verdi ed è consapevole che, sebbene queste soluzioni nature-based non possano risolvere completamente le problematiche ambientali, possono notevolmente contribuire alla mitigazione di questi fenomeni.

I risultati mostrano anche un maggiore interesse per l'installazione di tetti verdi su edifici pubblici rispetto a quelli privati, a causa degli elevati costi di installazione. Inoltre, per i tetti privati, è generalmente preferita la possibilità di installare pannelli fotovoltaici al posto dei tetti verdi. La maggior parte degli intervistati è disposta a spendere sino a 100 € all'anno per la manutenzione dei tetti verdi degli edifici pubblici (circa 34 € in media) e ad investire sino a 5000 € per l'installazione nella propria abitazione.

## Eco-Polder Roof Model: un modello ecoidrologico per simulare la risposta idrologica di tetti verdi multistrato

Dario Pumo<sup>1</sup>, Marcella Cannarozzo<sup>1</sup>, Francesco Alongi<sup>1</sup>, Leonardo V. Noto<sup>1</sup>

(1) *Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo, Palermo (IT).*

### *Sommario*

Analisi di trend, proiezioni climatiche e analisi di impatto indicano il bacino del Mediterraneo come un possibile *hot-spot* per i cambiamenti climatici (Noto et al., 2023a & 2023b), in cui le alterazioni indotte potrebbero originare svariati problemi, come piogge estreme e fenomeni di scarsità idrica, ondate di calore e un'intensificazione dell'effetto isola di calore urbano (UHI). Gli effetti dell'intensificazione dei fenomeni idro-climatici sono spesso ulteriormente esacerbati dall'espansione delle aree impermeabili a discapito di aree verdi e dall'aumento della densità abitativa e delle attività antropiche nei nuclei urbani, con conseguente aumento della domanda di risorse naturali.

Soluzioni ispirate alla natura, riferite come *Nature-Based Solutions* (NBS) possono contribuire a rendere le città più resilienti all'effetto combinato di cambiamento climatico e urbanizzazione. In particolare, i tetti verdi (GR – *Green Roofs*) sono misure clima-adattive multifunzionali, sostenibili e a basso costo, che consentono di ripristinare alcuni processi naturali in aree urbane e si configurano anche come possibili misure di *urban regeneration*, ovvero di riqualificazione di aree degradate o non utilizzate. Oltre al miglioramento dell'isolamento termico degli edifici, i GR offrono numerosi co-benefits come l'attenuazione dei livelli di rumore e delle UHI, il miglioramento della qualità dell'acqua e dell'aria, il ripristino della biodiversità, ecc.

I tetti verdi multistrato (MGR – *Multilayer Green Roofs*), sono particolari GR caratterizzati dalla presenza di uno strato ad alta capacità per l'accumulo di acqua piovana, che favorisce l'effetto di laminazione, mitigando possibili stress ai sistemi di drenaggio urbano in occasione di eventi pluviometrici estremi. L'acqua intercettata, al contempo, può essere riutilizzata dalla stessa vegetazione di sistema o come acqua grigia per usi civili.

Nell'ambito del progetto *Polder Roof Field Lab* (Cristiano et al., 2023) è stato installato sul tetto del Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Palermo un prototipo avanzato di MGR che viene monitorato sin dal 2020. I primi anni di monitoraggio hanno dimostrato l'alta capacità di ritenzione del MGR di Palermo (Pumo et al., 2023), con un coefficiente medio di ritenzione a scala di evento oltre il 61%.

Nel presente lavoro viene proposto un modello di simulazione della risposta idrologica del MGR di Palermo, in grado di ricostruire i profili temporali di umidità del suolo e dei livelli idrici accumulati nello *storage layer*. Il modello è basato su un approccio ecoidrologico di tipo numerico a scala oraria e a parametri concentrati; in particolare, viene applicata un'equazione di bilancio idrologico sia a livello del *green layer* che a livello dello *storage layer*. Il modello tiene conto e permette di valutare i principali flussi coinvolti nel bilancio idrologico, come pioggia e irrigazione, intercettazione fogliare, evapotraspirazione e evaporazione diretta, percolazione ed exfiltrazione per risalita capillare ossia i due flussi mediante i quali avviene uno scambio d'acqua fra i due layer, e deflusso in uscita dal sistema.

Sfruttando l'ampio dataset di dati disponibili, il modello opportunamente calibrato e validato, ha mostrato una buona capacità di riprodurre i deflussi osservati a scala giornaliera, prefigurandosi come un utile strumento per la valutazione delle potenzialità dei MGRs a diverse scale spazio-temporali di applicazione e in diversi contesti climatici.

*Bibliografia*

Cristiano, E., Annis, A., Apollonio, C., Pumo, D., et al. Multilayer blue-green roofs as nature-based solutions for water and thermal insulation management. *Hydrology Research* (2022) 53 (9): 1129–1149.

Noto, L.V., Cipolla, G., Francipane, A., Pumo D. Climate Change in the Mediterranean Basin (Part I): Induced Alterations on Climate Forcings and Hydrological Processes. *Water Resources Management*, 2023, 37(6-7), 2287–2305

Noto, L.V., Cipolla, G., Pumo D., Francipane, A., Climate change in the Mediterranean Basin (Part II): a review of challenges and uncertainties in climate change modeling and impact analyses. *Water Resources Management*, 2023, 37(6-7), 2307–2323

Pumo D., Francipane A., Alongi F., Noto L.V., (2023). The potential of multilayer green roofs for stormwater management in urban area under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Journal of Environmental Management*, 326, 116643



GIORNATE DELL'IDROLOGIA 2023

CON IL PATROCINIO DI:



**GEOSPHERA**  
HI-TECH SUPPLIES



life from cosmos  
**finapp**



**SIAP+MICROS**  
Environmental Monitoring Solutions  
Since 1925

