

WORKSHOP NAZIONALE SULL'IDROLOGIA OPERATIVA
BILANCIO IDROLOGICO E IDRICO
ROMA, 9 DICEMBRE 2015

UTILIZZO DI SISTEMI DI MONITORAGGIO AVANZATI PER LA STIMA DEL BILANCIO IDROLOGICO IN AMBIENTI ANTROPIZZATI

Serena Ceola

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, Università di Bologna
e-mail: serena.ceola@unibo.it

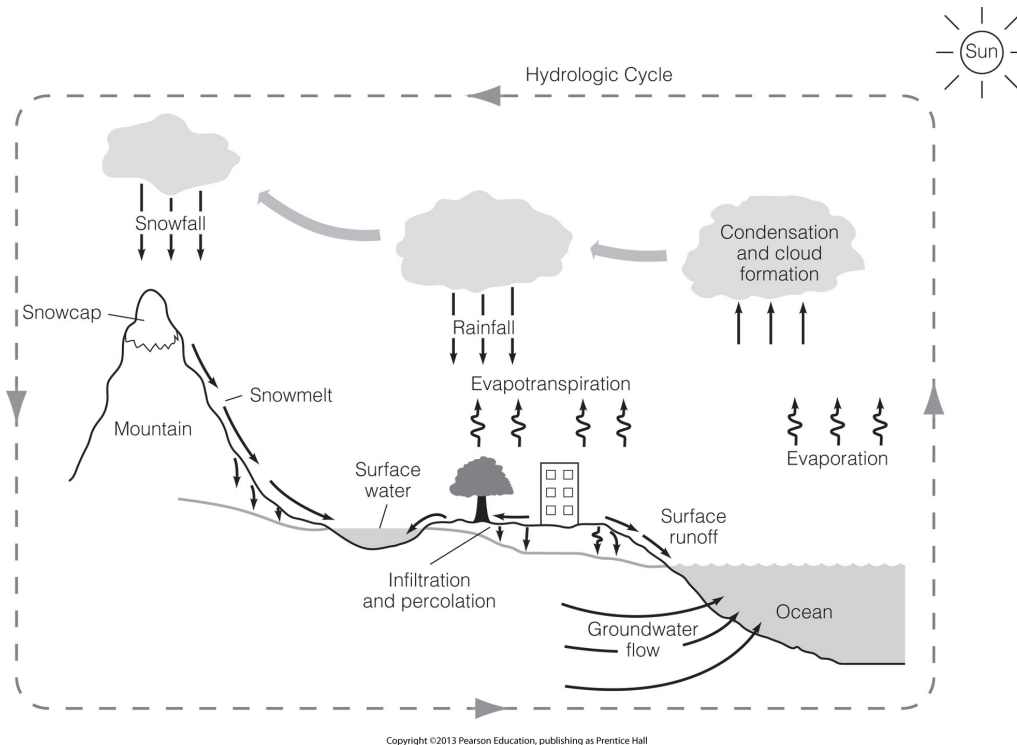


ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Bilancio idrologico in ambienti antropizzati

Dato un bacino idrografico di riferimento, il bilancio idrologico è definito come:

$$dW/dt = P - Q - GW - ET$$



dove:

dW/dt = variazione di volume idrico immagazzinato

P = precipitazione

Q = deflusso superficiale

GW = deflusso profondo

ET = evapotraspirazione

Chin, *Water-Resources Engineering*,
Third Edition, Pearson

Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

$$dW/dt = P - Q - GW - ET$$

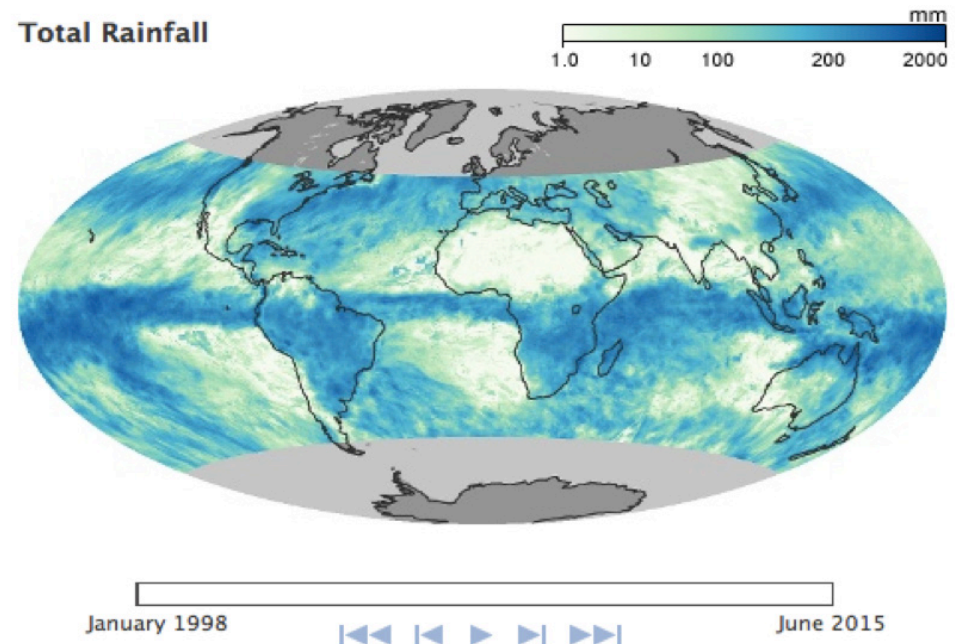
Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

$$dW/dt = P - Q - GW - ET$$

P: precipitazione

- **Tradizionalmente** misurata attraverso una rete di **pluviometri** e **pluviografi**
- **Attualmente** la variabilità spazio-temporale è stimata da **satellite**:
 - **TRMM** (Tropical Rainfall Measuring Mission), una missione congiunta tra la NASA e l'Agenzia Spaziale Giapponese



http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=TRMM_3B43M

Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

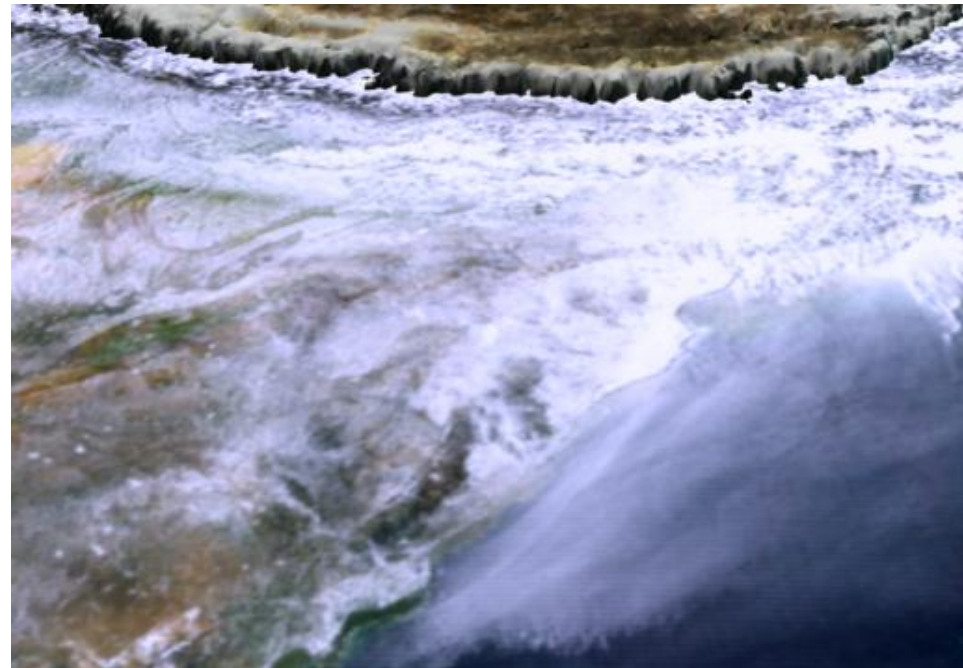
$$dW/dt = P - Q - GW - ET$$

P: precipitazione

- **Attualmente** la variabilità spazio-temporale è misurata da **satellite**:

➤ **MODIS** (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) – *total precipitable water*, ossia il quantitativo di colonna di vapore acqueo potenzialmente precipitabile, a 1 km² di risoluzione

MODIS è costituito da 2 satelliti: TERRA (da N a S attraversando l'equatore durante la mattina), AQUA (da S a N, attraversando l'equatore durante il pomeriggio)



MODIS WATER VAPOR, Credit: Scientific Visualization Studio, NASA
Goddard Space Flight
Center <http://visibleearth.nasa.gov/view.php?id=54126>

Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

$$dW/dt = P - Q - GW - ET$$

P: precipitazione

- Tra le **tecniche innovative**, la tecnica **SmartRain** (www.waterview.it), promuovendo un approccio **crowdsourcing**, permette una stima puntuale dell'intensità di precipitazione attraverso l'analisi di fotografie e video da smartphones, webcam, sistemi di video-sorveglianza, con risultati comparabili e decisamente più economici rispetto ai classici pluviometri



Water Resources Research

RESEARCH ARTICLE

10.1002/2014WR016298

Key Points:

- Rainfall intensity can be measured using pictures of rainy scenes

Toward the camera rain gauge

P. Allamano¹, A. Croci¹, and F. Laio¹

¹Department of Environment, Land and Infrastructure Engineering, Politecnico di Torino, Torino, Italy



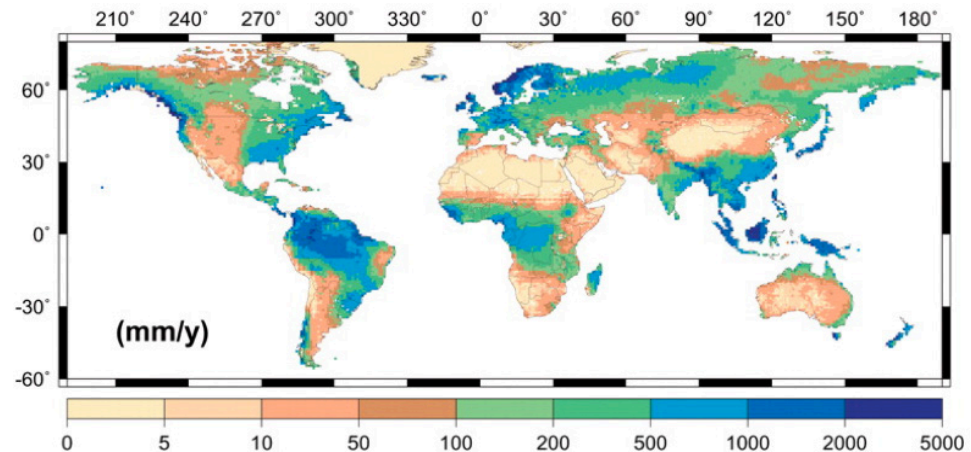
Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

$$dW/dt = P - Q - GW - ET$$

Q: deflusso superficiale

- **Tradizionalmente** misurato attraverso una rete di **idrometri** e **idrografi**, accoppiati a opportune **scale di deflusso**
- Il deflusso superficiale è **misurabile con ridotta incertezza**



Oki and Kanae, Global Hydrological Science and World Water Resources, *Science*, 2005

Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

$$dW/dt = P - Q - \text{GW} - ET$$

GW: deflusso profondo

- **Tradizionalmente** misurato attraverso una rete di **monitoraggio da pozzi**, tuttavia la stima è alquanto problematica poiché i prelievi per finalità antropiche sono censiti solamente in parte.

Nonostante sia nota l'età dell'acquifero, è difficile valutare la sostenibilità di tali prelievi

- Tra le **tecniche innovative**, la missione satellitare della NASA **GRACE** (Gravity Recovery And Climate Experiment) permette di individuare modifiche nel campo gravitazionale attraverso il monitoraggio della distanza tra due satelliti che ruotano attorno alla Terra

Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

$$dW/dt = P - Q - \text{GW} - ET$$

GW: deflusso profondo

- La missione **GRACE** (Gravity Recovery And Climate Experiment) è in grado di monitorare i cambiamenti di Total Water Storage (TWS), dove:

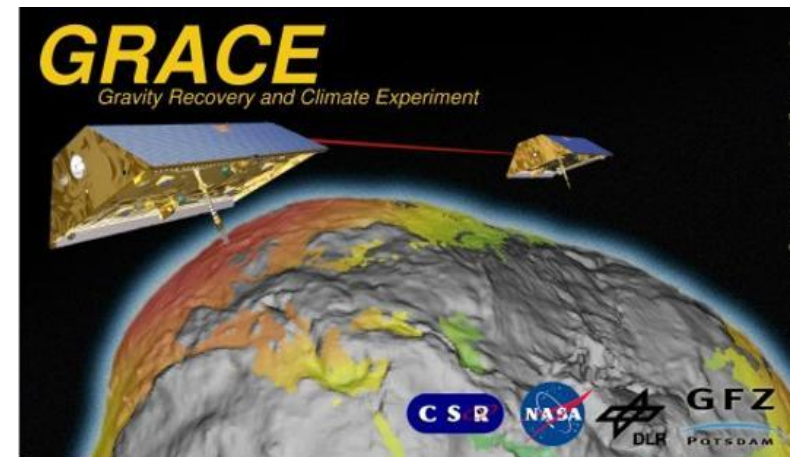
$$TWS = SWS + SMS + GWS$$

SWS: Surface Water Storage

SMS: Soil Moisture Storage

GWS: Ground Water Storage

- I dati **GRACE** sono accoppiati a modelli idrologici o ai cosiddetti *land surface models* per poter stimare i contributi di Water Storage (WS) nei singoli comparti



Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

$$dW/dt = P - Q - \text{GW} - ET$$

GW: deflusso profondo

- Stima da **GRACE** (Gravity Recovery And Climate Experiment) ampiamente utilizzata in ambito scientifico

WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 49, 904–914, doi:10.1002/wrcr.20

Groundwater depletion in the Middle East from GRACE with implications for transboundary water management in the Tigris-Euphrates-Western Iran region

Katalyn A. Voss,^{1,2} James S. Famiglietti,^{2,3} MinHui Lo,^{2,4} Caroline de Linage,³ Matthew Rodell,⁵ and Sean C. Swenson⁶

 **AGU PUBLICATIONS**

Water Resources Research

RESEARCH ARTICLE

10.1002/2013WR014633

Key Point:

- Using satellite gravity data for groundwater monitoring across the Middle East

Correspondence to:

G. Joodaki,
gholamreza.joodaki@ntnu.no

Estimating the human contribution to groundwater depletion in the Middle East, from GRACE data, land surface models, and well observations

Gholamreza Joodaki¹, John Wahr², and Sean Swenson³

¹Division of Geomatics, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, ²Department of Physics and Cooperative Institute for Environmental Sciences, University of Colorado, Boulder, Colorado, USA, ³National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, USA

 **AGU PUBLICATIONS**

Water Resources Research

RESEARCH ARTICLE

10.1002/2015WR016923

Key Points:

- A framework was proposed to investigate the human effects on TWS
- This framework integrates satellite observation with hydrological modeling
- This framework considers the feedback between human water use and climate variation

Estimation of human-induced changes in terrestrial water storage through integration of GRACE satellite detection and hydrological modeling: A case study of the Yangtze River basin

Ying Huang^{1,2,3}, Mhd. Suhyb Salama¹, Maarten S. Krol², Zhongbo Su¹, Arjen Y. Hoekstra², Yijian Zeng¹, and Yunxuan Zhou³

¹Department of Water Resources, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, University of Twente, Enschede, Netherlands, ²Department of Water Engineering and Management, Faculty of Engineering Technology, University of Twente, Enschede, Netherlands, ³State Key Lab of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai, People's Republic of China

Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

$$dW/dt = P - Q - \text{GW} - ET$$

GW: deflusso profondo

- Stima da **GRACE** (Gravity Recovery And Climate Experiment) ampiamente utilizzata in ambito scientifico

AGU PUBLICATIONS

Water Resources Research

RESEARCH ARTICLE **Uncertainty in global groundwater storage estimates in a Total Groundwater Stress framework**

10.1002/2015WR017351

Key Points:

- Groundwater resilience is defined and quantified with remote sensing from GRACE
- Timescales of aquifer depletion are assessed as a Total Groundwater Stress ratio
- The volume of usable global groundwater storage is found to be largely unknown

Alexandra S. Richey¹, Brian F. Thomas², Min-Hui Lo³, James S. Famiglietti^{1,2,4}, and Matthew Rodell⁶

¹Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Irvine, California, USA; ²Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Berkeley, California, USA; ³Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, San Diego, California, USA; ⁴Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, San Diego, California, USA; ⁵Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, San Diego, California, USA; ⁶Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, San Diego, California, USA

AGU PUBLICATIONS

Water Resources Research

RESEARCH ARTICLE **Quantifying renewable groundwater stress with GRACE**

10.1002/2015WR017349

Special Section:

The 50th Anniversary of Water Resources Research

Alexandra S. Richey¹, Brian F. Thomas², Min-Hui Lo³, John T. Reager², James S. Famiglietti^{1,2,4}, Katalyn Voss⁵, Sean Swenson⁶, and Matthew Rodell⁷

¹Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Irvine, California, USA, ²NASA Jet Propulsion

AGU PUBLICATIONS

Water Resources Research

RESEARCH ARTICLE **Global analysis of approaches for deriving total water storage changes from GRACE satellites**

10.1002/2014WR016853

Key Points:

Di Long^{1,2}, Laurent Longuevergne³, and Bridget R. Scanlon¹

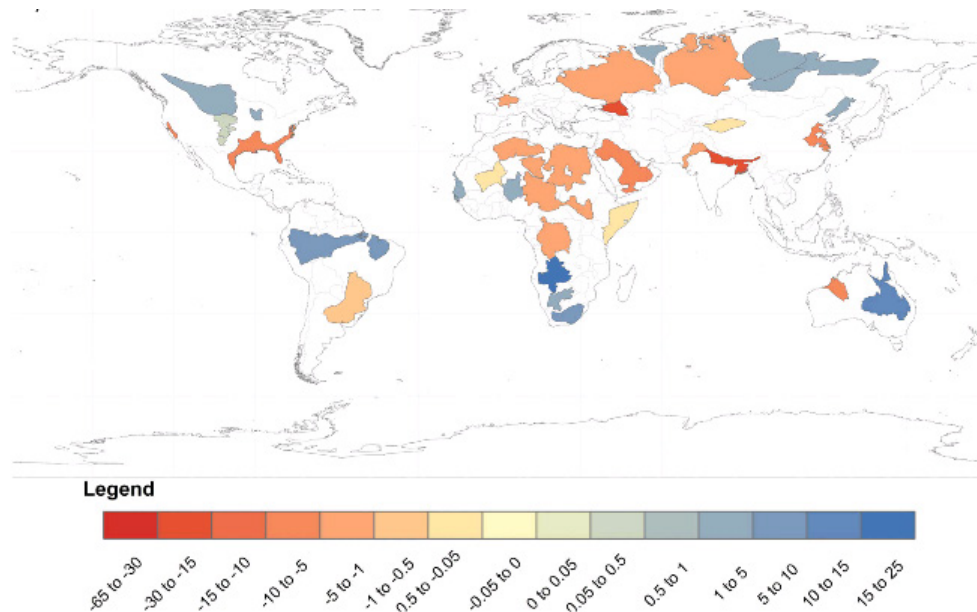
Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

$$dW/dt = P - Q - \text{GW} - ET$$

GW: deflusso profondo

- Stima da **GRACE** (Gravity Recovery And Climate Experiment) ampiamente utilizzata in ambito scientifico



Consumo di risorsa idrica profonda stimata da GRACE [mm/anno] per i più importanti acquiferi a scala globale

Richey et al., Quantifying renewable groundwater stress with GRACE, *Water Resources Research*, 2015

Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

$$dW/dt = P - Q - \text{GW} - ET$$

GW: deflusso profondo

- Stima da **GRACE** (Gravity Recovery And Climate Experiment) ampiamente utilizzata in ambito scientifico, tuttavia:
 - l'applicazione si può ritenere soddisfacente soltanto per aree molto estese (bacini $A > 10^6 \text{ km}^2$, dimensione superiore all'"impronta" di GRACE, pari a $2 \cdot 10^5 \text{ km}^2$)
 - il limite principale è legato affidabilità dei dati GRACE poiché manca un confronto effettivo con i dati locali

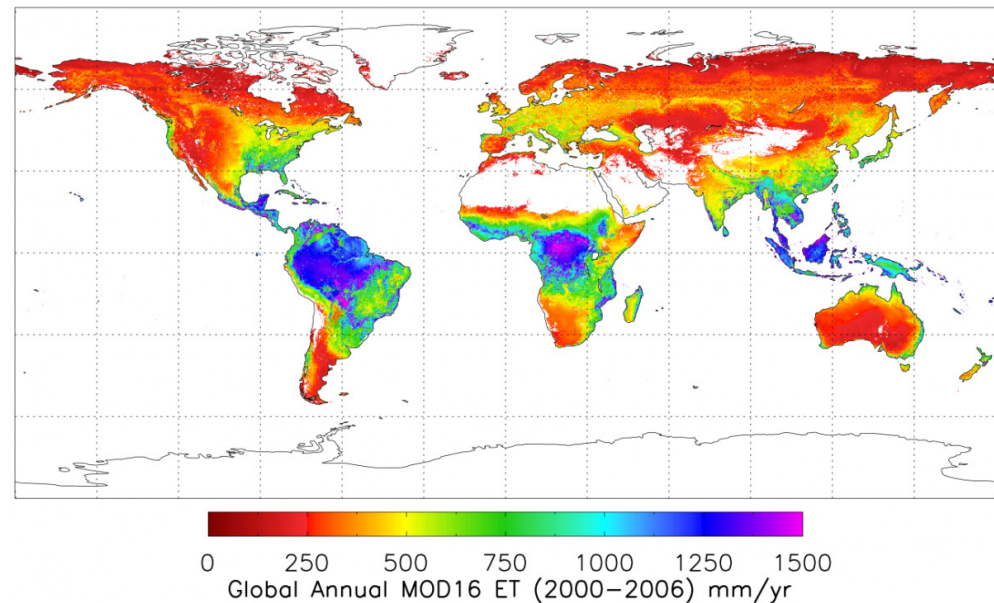
Stima delle variabili del bilancio idrologico in ambienti antropizzati

All'interno di un bacino idrografico fortemente antropizzato, com'è possibile stimare le variabili caratteristiche del bilancio idrologico e quanto è affidabile tale stima?

$$dW/dt = P - Q - GW - ET$$

ET: evapotraspirazione

- Stima affidabile da:
 - Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - **FAO Irrigation and drainage paper 56**
 - **MODIS** – *Evapotranspiration*, 1km² di risoluzione spaziale con misure fornite a intervalli settimanali, mensili e annuali, disponibili dal 2000 al 2010

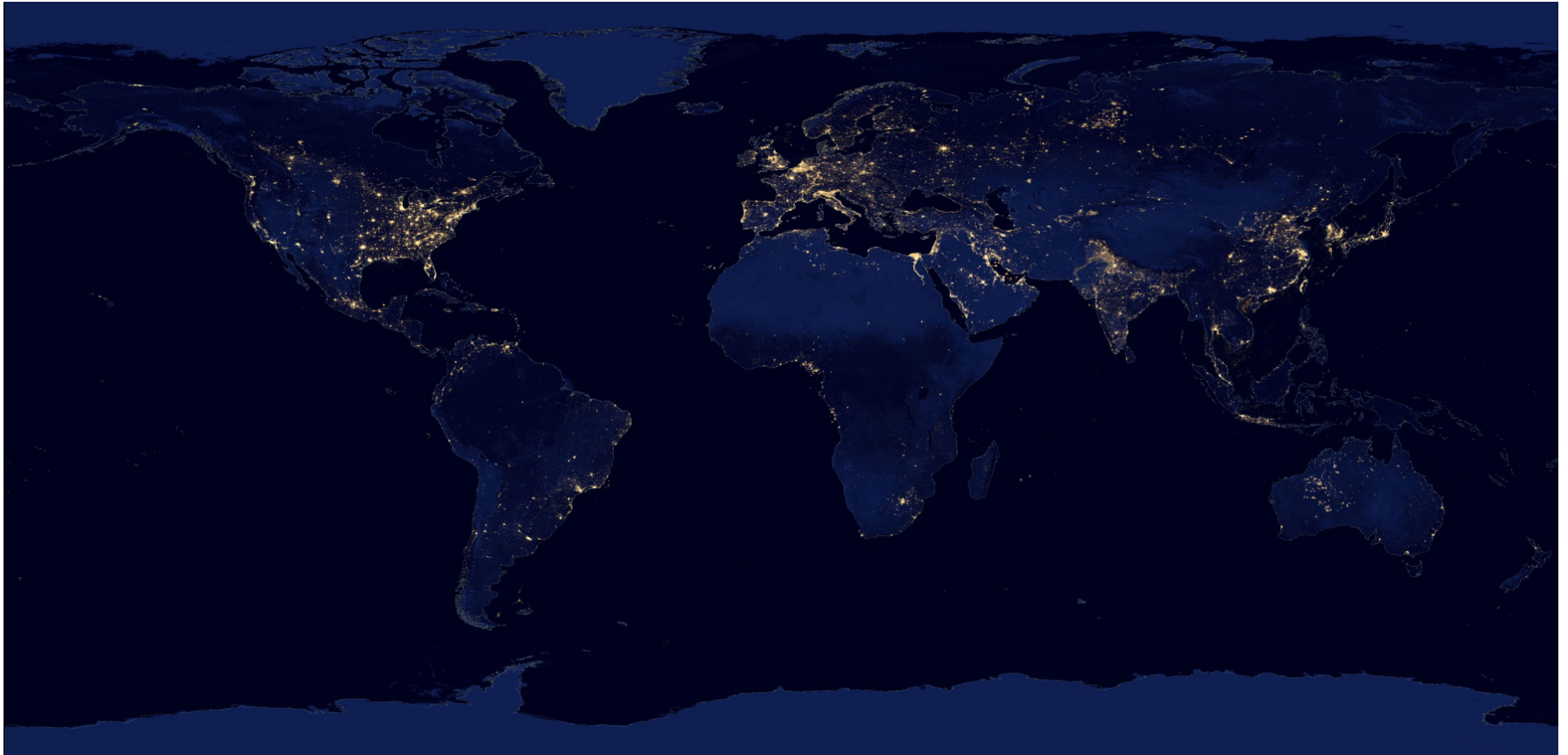


MODIS Global Evapotranspiration Project (MOD16)

<http://www.ntsg.umd.edu/project/mod16>

Stima della pressione antropica

Dati satellitari di luminosità notturna, disponibili dal 1992 al 2013 a 1 km² di risoluzione (NOAA National Geophysical Data Center, Defense Meteorological Satellite Program)



Source: EARTH AT NIGHT 2012, <https://earthdata.nasa.gov/labs/worldview>

Dati satellitari di luminosità notturna, disponibili dal 1992 al 2013 a 1 km² di risoluzione

Mapping City Lights With Nighttime Data from the DMSP Operational Linescan System

Christopher D. Elvidge, Kimberly E. Baugh, Eric A. Kihn, Herbert W. Kroehl, and Ethan R. Davis
Photogrammetric Engineering & Remote Sensing,
Vol. 63, No. 6, June 1997, pp. 727–734.



Computers & Geosciences 35 (2009) 1652–1660

Contents lists available at ScienceDirect

Computers & Geosciences

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cageo



Using luminosity data as a proxy for economic statistics

Xi Chen^{a,b,1} and William D. Nordhaus^{a,1}

^aDepartment of Economics, Yale University, New Haven, CT 06520; and ^bDepartment of Sociology, C

Edited by B. L. Turner, Arizona State University, Tempe, AZ, and approved April 13, 2011 (received f

A pervasive issue in social and environmental research has been how to improve the quality of socioeconomic data in developing countries. Given the shortcomings of standard sources, the present study examines luminosity (measures of nighttime lights visible from space) as a proxy for standard measures of output (gross domestic product). We compare output and luminosity at the country level and at the 1° latitude × 1° longitude grid-cell level for the period 1992–2008. We find that luminosity has informational value for countries with low-quality statistical systems. par-

variables such as decade, researcher this conclusion. A correlation between (GDP) at the coun (0.97) between ill logarithms) for 21 a high correlation lometer at the nat

SCIENTIFIC
REPORTS



A global poverty map derived from satellite data

Christopher D. Elvidge^{a,*}, Paul C. Sutton^b, Tilottama Ghosh^{c,b}, Benjamin T. Tuttle^{c,b}, Kimberly E. Baugh^c, Budhendra Bhaduri^d, Edward Bright^d

AGU PUBLICATIONS

Geophysical Research Letters

RESEARCH LETTER

10.1002/2014GL061859

Key Points:

- Nightlights identify flood-prone areas
- 1992–2012 nightlights are a proxy of human settlement evolution
- Increasing nightlights along rivers are associated to higher exposure to floods

Satellite nighttime lights reveal increasing human exposure to floods worldwide

Serena Ceola¹, Francesco Laio², and Alberto Montanari¹

¹Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering, University of Bologna, Bologna, Italy,

²Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Infrastrutture Civili, Politecnico di Torino, Turin, Italy

Contrasting trends in light pollution across Europe based on satellite observed night time lights

Jonathan Bennie, Thomas W. Davies, James P. Duffy, Richard Inger & Kevin J. Gaston

AGU PUBLICATIONS

Water Resources Research

RESEARCH ARTICLE

10.1002/2015WR017482

Special Section:

The 50th Anniversary of Water Resources Research

Human-impacted waters: New perspectives from global high-resolution monitoring

Serena Ceola¹, Francesco Laio², and Alberto Montanari¹

¹Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering, University of Bologna, Bologna, Italy,

²Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Turin, Italy

- L'utilizzo di sistemi di monitoraggio avanzati per la stima del bilancio idrologico in ambienti antropizzati promuove una visione innovativa per il monitoraggio delle risorse idriche.
- In particolare, attraverso un'analisi globale dei fenomeni a scala locale (ad esempio mediante i dati da GRACE, MODIS, luminosità notturna,...), è possibile studiare le problematiche idrologiche e promuovere lo sviluppo di approcci operativi innovativi.
- La comunità idrologica nazionale e internazionale ha pertanto l'opportunità di utilizzare osservazioni e dati non convenzionali per rappresentare i processi idrologici.

Ringraziamenti

