
Associazione Idrotecnica Italiana - Sezione Veneta

GIORNATA DI STUDIO

Acqua e scenari climatici. Nuove conoscenze e indirizzi operativi

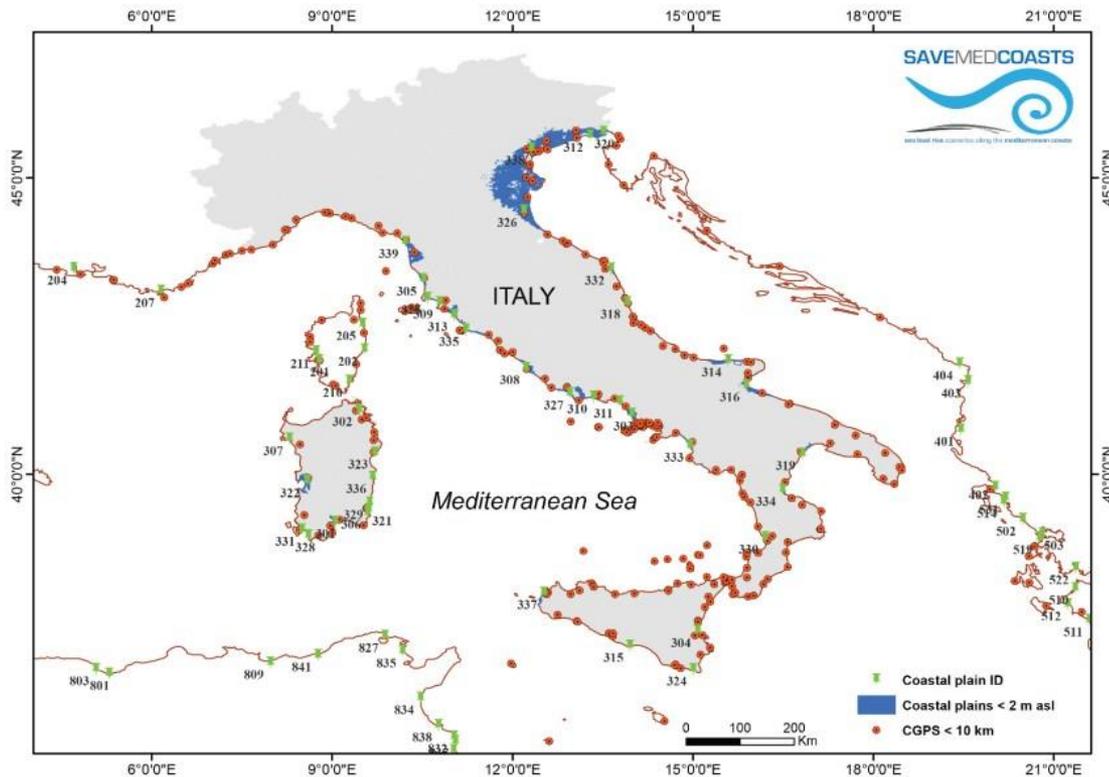
L'AUMENTO DEL LIVELLO DEL MARE E LA FREQUENZA DELLE INONDAZIONI COSTIERE

MAURIZIO FERLA

ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE

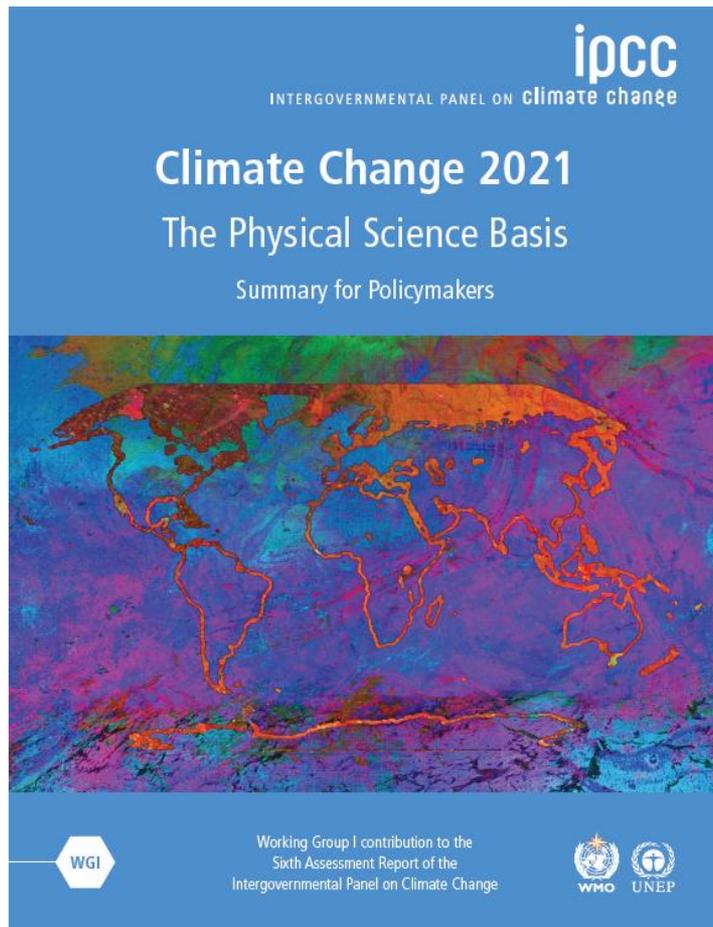
Padova, 10 dicembre 2021
Università degli Studi di Padova
Palazzo del Bo, Sala dell'Archivio Antico

La crescita del livello medio del mare (SLR), come conseguenza diretta del cambiamento climatico, rappresenta la principale minaccia per le aree costiere



- Incremento del rischio di allagamenti dovute ad inondazioni marine
- Salinizzazione dei suoli, degli acquiferi e delle acque interne superficiali
- Degrado degli ecosistemi costieri

Agosto del 2021 pubblicazione del 6° rapporto IPCC sul cambiamento climatico

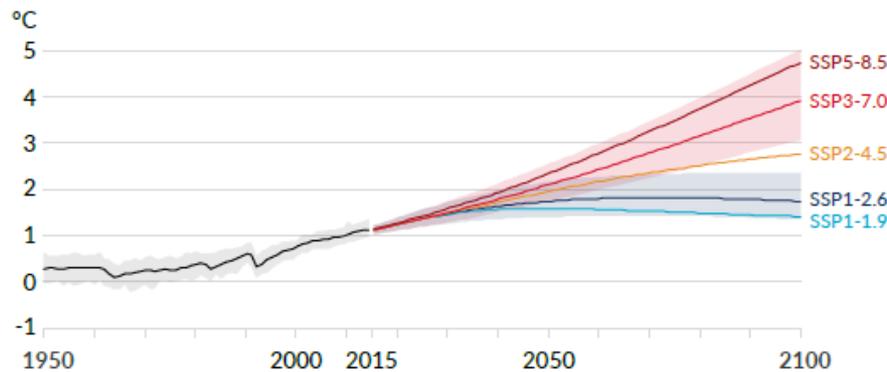


- Il miglioramento delle stime basate sulle osservazioni e le informazioni da «archivi paleoclimatici»
- Visione maggiormente integrata di ogni componente del sistema climatico e delle sue più recenti variazioni
- Nuovi modelli di simulazione climatica, nuove analisi e metodi di combinazione multipla delle linee di evidenza
- Miglioramento della comprensione dell'influenza antropica su un più ampio spettro di variabili climatiche che comprendono gli eventi meteorologici estremi.

La crescita globale del livello medio del mare

E' virtualmente certo che lo strato superficiale degli oceani (0-700 m) si sia scaldato dal 1971 ed è *estremamente probabile* che sia dovuto all'influenza umana

a) Global surface temperature change relative to 1850-1900

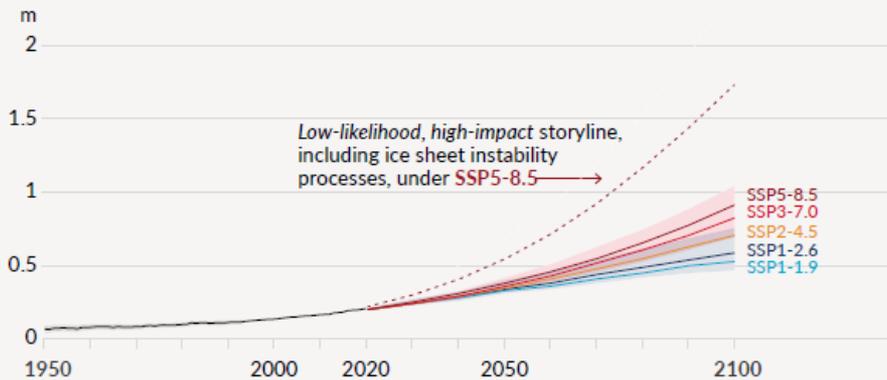


LMM globale è cresciuto di 20 cm tra il 1901 e il 2018

- 1.3 (0.6-2.1) mm/a – 1901/1971
- 1.9 (0.8-2.9) mm/a – 1971/2006
- 3.7 (3.2/4.2) mm/a – 2006/2018

E' virtualmente certo che il LMM globale continuerà a crescere durante il 21^o secolo

d) Global mean sea level change relative to 1900



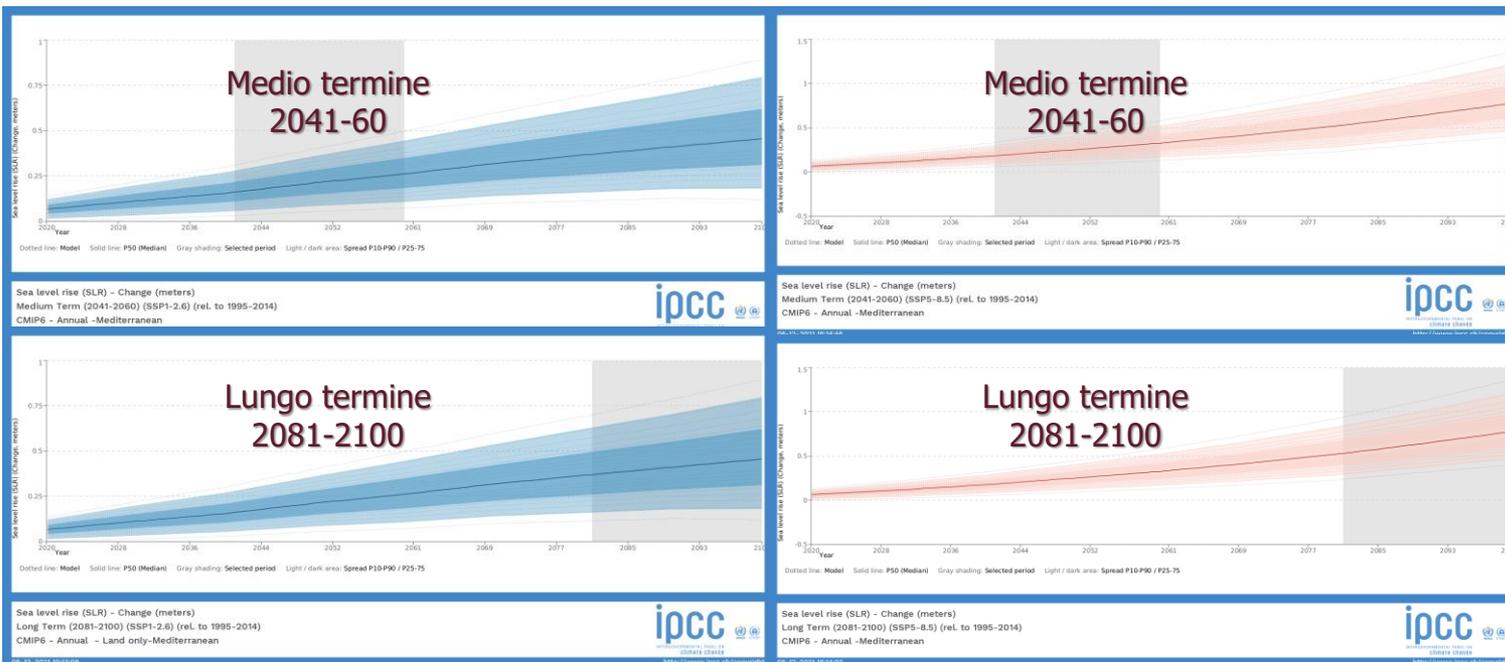
SCENARIO	2100
SSP1-1.9	0.28-0.55 m
SSP1-2.6	0.32-0.62 m
SSP2-4.5	0.44-0.76 m
SSP5-8.5	0.63-1.01 m

Periodo di riferimento: 1995-2014

La crescita del livello medio del mare in Mediterraneo

Scenario SSP1 – 2.6

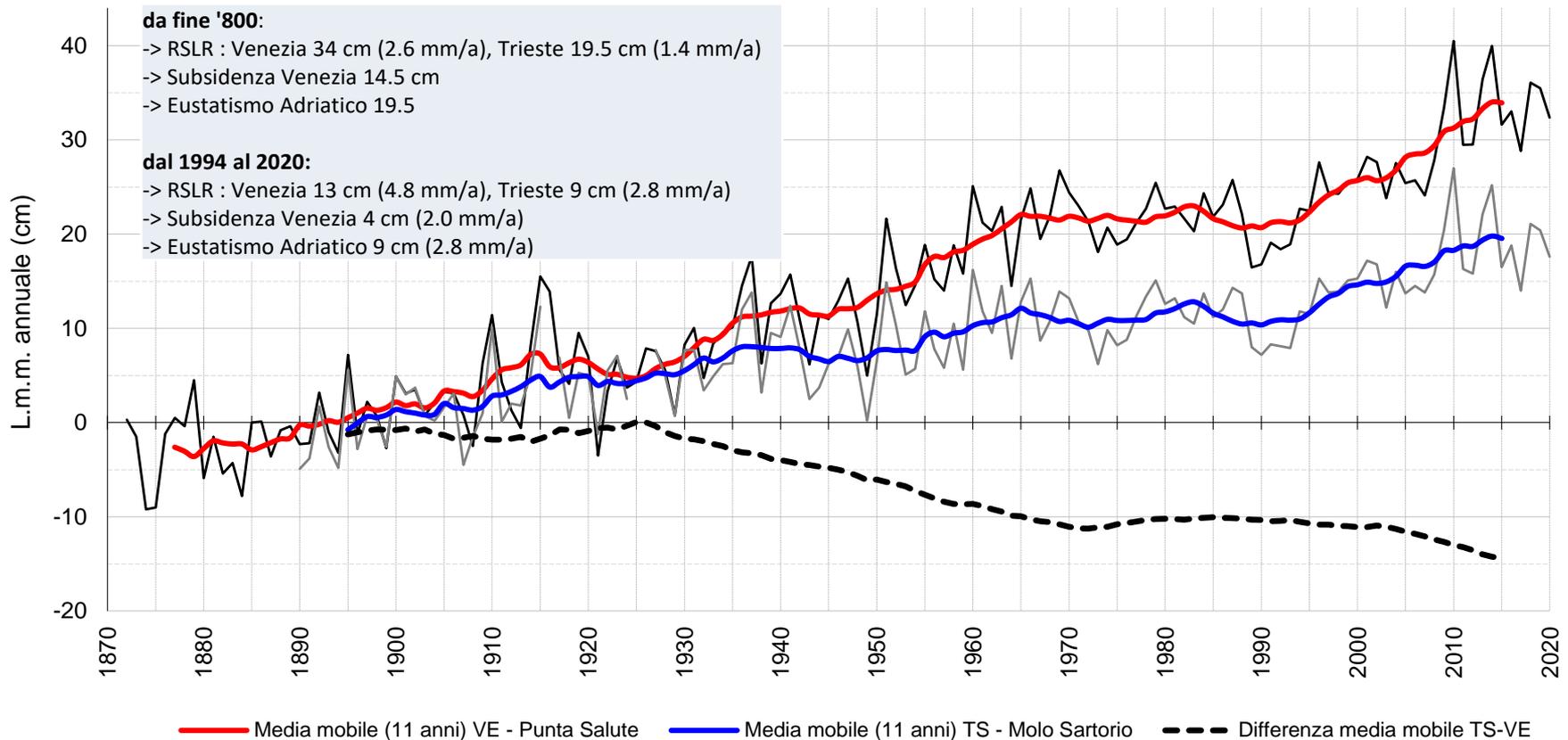
Scenario SSP5 – 8.5



	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Breve termine (2021-2040)	0,1 m	0,1 m	0,1 m	0,1 m
Medio termine (2041-2060)	0,2 m	0,2 m	0,2 m	0,3 m
Lungo termine (2081-2100)	0,4 m	0,5 m	0,6 m	0,7 m

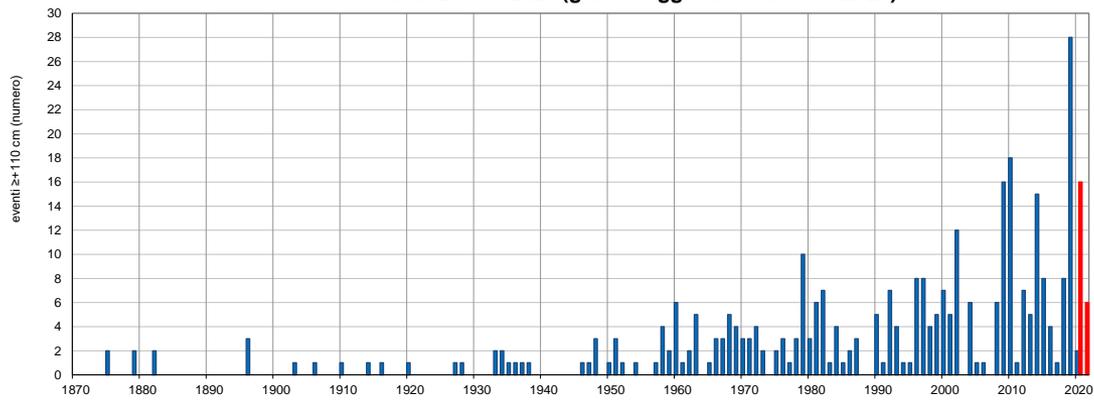
L'AREA ADRIATICA NORD-OCCIDENTALE

Livello medio mare annuale nel periodo 1872-2020 (Venezia - Punta della Salute e Trieste - Molo Sartorio)

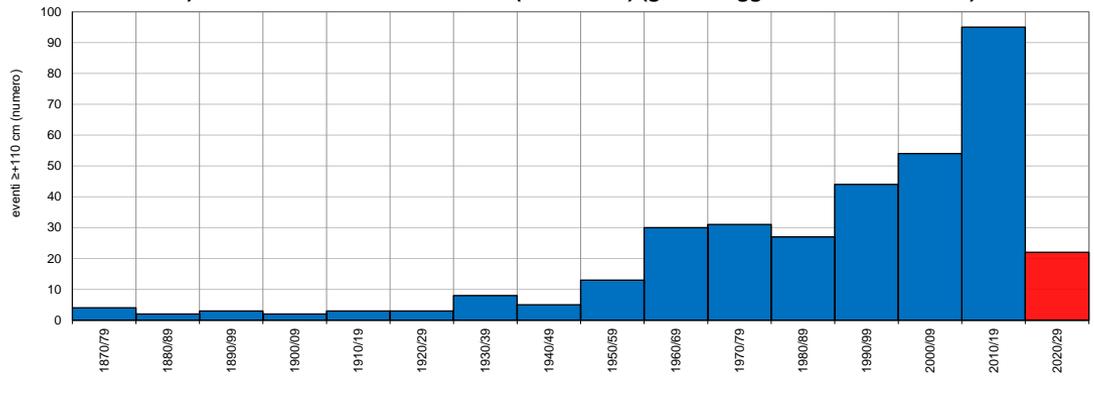


LA FREQUENZA DELLE TEMPESTE MARINE IN ALTO ADRIATICO MAREE ECCEZIONALI A VENEZIA - STATISTICHE AL 30.11.2021

Distribuzione annuale delle maree $\geq +110$ cm registrate a Venezia dal 1872 e nel Golfo di Venezia dal 2020 (grafico aggiornato al 30.11.2021)



Distribuzione decennale maree $\geq +110$ cm registrate dal 1872 al 2019 a Venezia (area blu) e dal 2020 nel Golfo di Venezia (area rossa) (grafico aggiornato al 30.11.2021)



PUNTA DELLA SALUTE (dal 1872)

Data	cm sullo ZMPS
04/11/1966	194
12/11/2019	189
22/12/1979	166
01/02/1986	158
01/12/2008	156
29/10/2018	156
15/11/2019	156
17/11/2019	152
12/11/1951	151
11/11/2012	148
29/10/2018	148
16/04/1936	147
16/11/2002	147
15/10/1960	145
25/12/2009	145
13/11/2019	145
03/11/1968	144
06/11/2000	144
23/12/2009	144
24/12/2010	144
12/02/2013	144
23/12/2019	144
01/11/2012	143
08/12/1992	142
17/02/1979	140
24/12/2019	139
08/12/2020	139

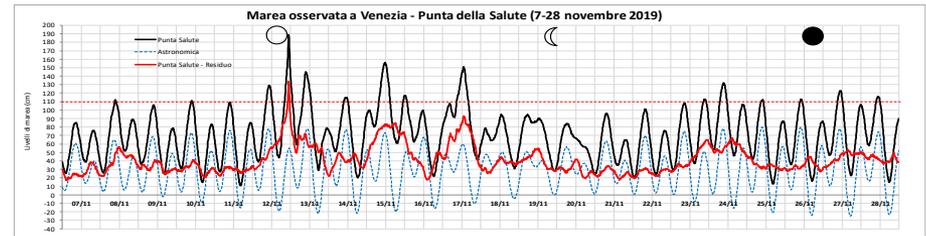
I fattori che contribuiscono alla fluttuazione del livello del mare lungo la costa Nord Adriatica

La marea astronomica

Le sesse

Le fluttuazioni atmosfericamente forzate

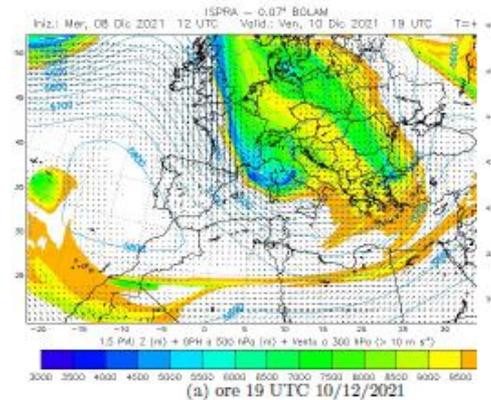
- Onde di tempesta (storm surges)
- Meteotsunami (onde lunghe alla scala di frequenza degli tsunami, generate da perturbazioni del capo atmosferico a mesoscala 10-100 km, velocità di propagazione 10 m/s, durata 10 min-pochi ore)
- Long planetary atmospheric waves (PAW surges, lenta propagazione (1-10 m/s, lunghezza 6000-8000 km. Forzanti meteorologiche a lungo termine (10-100 giorni) con persistenti anomalie sul livello del mare).



Wave run-up/wave set-up

Variazioni del livello marino interdecadali/stagionali (IDAS)

Crescita relativa del livello medio del mare (RSLR)



- Fattori che agiscono con dinamiche ben differenziate e scale temporali diverse
- In generale non hanno tutti la stessa importanza in termini di contributo ai livelli estremi di marea eccezionale che principalmente influenzate dalle onde di tempesta i cui effetti possono essere rinforzati o attenuati dagli altri fattori

CONTRIBUTO SCIENTIFICO OCEANOGRAFIA FISICA

Venezia Punta della Salute – Analisi dei 18 eventi di alta marea eccezionale (>40 cm ZMPS) registrati dal 16/4/1936 al 12/11/2019

(Lionello, P., et al.: Extreme floods of Venice: characteristics, dynamics, past and future evolution, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 21, 2705–2731, <https://doi.org/10.5194/nhess-21-2705-2021>, 2021)

Evento	Hmax	ASTR	SESSA	STORM SURGE	METEOT SUNAMI	PAW SURGE	IDAS	SLR
1966-11-04 17:00	194	- 12	22	107	16	20	20	21
2018-10-29 13.40	156	25	2	50	12	29	4	34
2018-10-29 19:25	148	- 31	24	75	13	29	4	34
2019-11-12 21:50	189	36	5	42	37	21	14	34

- Evento 29/10/2018 unico caso con 2 Hmax > 140 cm in 6 h
- Novembre 2019 - 4 eventi con Hmax > 140 cm
- Evento 12/11/2019: storm surge relativamente modesto, non trascurabile ASTR, sovrapposizione METEOTSU + PAW Surge

Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 21, 2633–2641, 2021
<https://doi.org/10.5194/nhess-21-2633-2021>
 © Author(s) 2021. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

Natural Hazards and Earth System Sciences EGU

Venice flooding and sea level: past evolution, present issues, and future projections (introduction to the special issue)

Piero Lionello¹, Robert J. Nicholls^{2,3}, Georg Unglesser^{4,5}, and Davide Zanichetti⁶

¹Department of Biological and Environmental Sciences and Technologies, Università del Salento, Centro Ecotekne, Pol. M. S.P. 6, Lecce, Monopoli, Italy
²Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ, United Kingdom
³ISMAR (Marine Sciences Institute) – CNR (National Research Council of Italy), Castello 2737/F, 30122 Venice, Italy
⁴Marine Research Institute, Kijaleska University, H. Manto 84, 92204 Kijaleska, Lithuania
⁵Department of Environmental Sciences, Informatics, and Statistics, University Ca' Foscari of Venice, Via Torino 155, 30172 Mestre, Venice, Italy

Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 21, 2705–2731, 2021
<https://doi.org/10.5194/nhess-21-2705-2021>
 © Author(s) 2021. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

Natural Hazards and Earth System Sciences EGU

Extreme floods of Venice: characteristics, dynamics, past and future evolution (review article)

Piero Lionello¹, Marco Bealero^{2,3}

¹University of Salento, via per Monterosso, 73100, Italy
²INMARE – National Research Council, Institute for the study of Anthropogenic impact and sustainability in the marine environment, Ostia Lido, Italy
³Department of Earth Sciences, University of Salento, Italy

Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 21, 2705–2731, 2021
<https://doi.org/10.5194/nhess-2020-361>
 Preprint. Discussion started 17 November 2020
 © Author(s) 2020. CC BY 4.0 License.

Natural Hazards and Earth System Sciences EGU

The prediction of floods in Venice: methods, models and uncertainty

Georg Unglesser¹, Marco Bajaj², Christian Ferranti³, Andrea Cecchi⁴, Piero Lionello⁵, Davide Zanichetti⁶, Alvin Pappa⁷, Alessandro Trossello⁸, Maurizio Trossello⁹, Elia Cecchi¹⁰, Sara Morucci¹¹, France Crosato¹², Andrea Bonometti¹³, Andrea Valentini¹⁴, Mirko Orlic¹⁵, Ivan D. Rughini¹⁶, Jacob Wöge Nielsen¹⁷, Xavier Bertin¹⁸, Andrea Bionetti¹⁹, Fortunato²⁰, Reginald Peter Göttsche²¹, Enrique Alvarez Fajó²², Denis Pardaño²³, Didier Jeandot²⁴, Anthony Pasquet²⁵, Baptiste Mourou²⁶, Joaquin Tintore²⁷, and Robert J. Nicholls²⁸

Correspondence: Georg Unglesser (georg.unglesser@univie.ac.at)

Received: 27 Oct 2020
 Revised: 21 May 2021

Abstract. Flood superposition of and atmospheric surges, meteorological planetary waves, low water height, the probability of (tree). The large by the storm sur to a characteristic frequent events surges can be predicted either with inter-annual western Mediterranean area of the Mediterranean basin. The challenge for the prediction of heights in desert of atmospheric sector. Therefore,

Published by

30 Abstract. This paper reviews the state-of-the-art in storm surge forecasting and its particular application in the northern Adriatic Sea. The city of Venice relies crucially on a good flood forecasting system in order to protect the sensitive cultural heritage, their population, and their economic activities. Storm surge forecasting systems are in place to warn the population of imminent flood threats. In the future, it will be of paramount importance to increase the reliability of these forecasting systems, especially with the new MOSE mobile barriers that will be completed by 2021, and will depend on accurate storm surge forecasting to control their operation. In this paper, the physics behind the flooding of Venice is discussed, and the state-of-the-art of European storm surge forecasting is reviewed. The challenges that lie ahead for Venice and its forecasting systems are analysed, especially in terms of uncertainty. Some extreme events that happened in the past and were particularly difficult to forecast are also described.

INDICAZIONI DI PROSPETTIVA E INCERTEZZE IN BASE AGLI SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO

- Importanza centrale del contributo delle onde di tempesta Mediterranee (storm surges) sui livelli estremi sebbene gli studi non sembrano suggerire significative variazioni in termini di frequenza/intensità
- L'incidenza delle altre componenti associabili alle fluttuazioni atmosfericamente forzate (meteotsunami e PAW) appare al momento limitata a pochi ma significativi casi e necessita di studi di approfondimento per valutazioni a lungo termine
- La ricorrenza delle inondazioni è modulata dalle variazioni del livello marino interdecadali/stagionali (IDAS)
- Incerto è ancora l'effetto del wave set-up soprattutto per gli ambiti lagunari
- Un consenso unanime si concentra sul ruolo chiave che sicuramente giocherà la crescita relativa del livello medio del mare

Mare Adriatico Nord Occidentale
Incremento medio atteso per effetto
del SLR nei livelli estremi con $Tr = 100$
anni

SCENARIO	2050	2100
SSP2-4.5	12-17 cm	24-56 cm
SSP5-8.5	26-35 cm	53-171 cm

Alla fine del secolo eventi cui oggi attribuiamo $Tr = 100$ anni si potrebbero verificare con una frequenza di:

- 1 volta ogni 5 anni in SSP2-4.5
- 1 volta all'anno in SSP5-8.5

INCERTEZZE SULLE PROIEZIONI CHE RIGUARDANO LA SUBSIDENZA

CONCLUSIONI

- La frequenza degli allagamenti nell'area Nord-Adriatica dovuta alla tempeste marine è drammaticamente destinata ad aumentare se non accelerare per gli effetti del RSLR anche nel caso degli scenari più ottimistici in termini di emissioni e misure di adattamento
- Occorre quindi avviare tempestivamente un'attenta verifica delle attuali strategie di difesa che rischiano di rivelarsi inadeguate già nel giro di un decennio.
- Oltre alle incertezze di ordine politico-economico globale sulle decisioni che riguardano il contenimento delle emissioni di gas climalteranti, occorre tener conto delle incertezze conoscitive legate alle capacità di cui oggi disponiamo per simulare processi che, a scala planetaria e ancor più a scale ristrette, non sono mai stati sperimentati
- E' quindi inevitabile considerare la necessità di valutare, esplorare e quindi mettere a punto strategie di adattamento sotto condizioni di incertezza.