



Ship Pollution and Cultural Heritage

Alessandra Bonazza



National Research Council -
Institute of Atmospheric Science and Climate, Bologna (Italy)



Cultural Heritage at Risk: Venice November 2019

Una di Pina Riccardi e Rosa Mariani
Uno zaino da riempire
STORIE DI POTENZA EDUCATIVA DEI GIOVANI E DEGLI ADULTI
 pp. 144 - € 10,00
EDB dehoniane.it

Mercoledì 13 novembre 2019
ANNO LIII n° 289
 1,50 €
 Spese di spedizione in abito: € 2,00
 Spese di bollo: € 2,00

Avvenire
 Quotidiano di ispirazione cattolica www.avvenire.it

Una di Pina Riccardi e Rosa Mariani
Per piccola che tu sia
QUANDO LA CASA DIVENTA UN PROBLEMA
 pp. 160 - € 10,00
EDB dehoniane.it

Editoriale

Alleanza di capire e ricostruire
MA È DACQUA
OGNI CITTÀ

PIETRO LAURIANO

Acqua e città costituiscono un binomio indissolubile. Non si può infatti fare a meno di questa sostanza indispensabile alla vita umana per produrre energia, irrigare i campi e anche come mezzo di trasporto. I modi in cui le città sono realizzate in rapporto all'acqua sono molteplici. Vi sono centri basati sul rapporto con la risorsa idrica di un fiume, come Firenze, castelli del Nord, dove l'origine è importante dei naselli e meno apparente fino a luoghi immersi nell'acqua come Venezia. Il anche città d'acqua dove l'acqua non c'è come Matera che, costruita sui pendii digradanti su un piano elevato, capta le piogge per convogliarle nei meandri di canali, grotte, cisterne e canali terrazzati. Questi straordinari complessi urbani sono nati in pericolo a causa di fenomeni climatici come piogge torrenziali, trombe d'aria, inondazioni improvvise, frane, dissesti idrogeologici causati dall'aumento della temperatura media del pianeta che con l'aumento della evapotranspirazione provoca forti piogge e inondazioni in inverno e siccità in estate. Questi fenomeni sono amplificati dalla grave situazione dei suoli. L'agricoltura industriale ha prodotto grandi superfici destinate alla monocoltura e sistemate da irrigazione e fertilizzazione artificiale, diserbanti e pesticidi. Ha così distrutto quel paesaggio moscato di terrazzamenti, muri a secco, varietà coltivate, filari di alberi, drenaggi che proteggevano il terreno e conservavano l'acqua. L'urbanizzazione ha svuotato le montagne, eliminando i presidi umani all'erosione, e determinato vaste superfici cementificate sulle coste e le pianure, ostacolo all'assorbimento dell'acqua nelle falde. Le estremizzazioni climatiche hanno così un effetto devastante innescando la desertificazione fisica e culturale e lunghi eccezionali sono oggi in estremo pericolo. Firenze non può dirsi certamente al sicuro da una nuova alluvione. Venezia rischia di succedere non solo per l'innalzamento dei livelli del mare ma anche per l'acqua del sottosuolo che arriva sempre più in fretta a causa della cementificazione dei pendii e del ri e della mancata manutenzione. Matera ha completamente dimenticato la sua natura di città d'acqua e la rete abbondante di canalizzazioni e cisterne diventa un serbatoio malcurato nei momenti di siccità e un rischio idrico nei casi di piogge improvvise. A Milano l'impianto tradizionale della gestione dell'acqua basato sui "fonti" e "fontanazzi" tradizionali che distribuiscono gli edifici all'ambiente è stato distrutto in epoca industriale e ora i basamenti dei palazzi sono inondati di acque rosse. Occorre oggi ripensare completamente il sistema di gestione delle acque sia per la migliore protezione sia per un uso oculato di questa risorsa. Invece di concentrare e canalizzare bisogna captare, frantumare e riciclare. Invece di pianificare la città come costruzione ed economico balneamento, manito cementificato che impermeabilizza e smorza il suolo, bisogna pensarla nella sua dimensione verticale e profonda in collaborazione gli interscambi ecologici con l'atmosfera. Il suolo è il sottosuolo. Occorre progettare metodi naturali di bonifica delle acque inquinate da restituire alle aree agricole e alle stesse aree urbane. Le città, dotate di rafforzamento materiale e generosismo, raccolta idrica e rispetto delle falde, saranno rigenerate e protette tramite superfici drenanti, verde pensile, pareti vegetali verticali e trasformato in giardini arborei.

MALTEMPO Un fiume di fango tra i Sassi per la pioggia, Record in Laguna, a San Marco mezzo metro di marea

Acqua alta a Matera. Come a Venezia

PROFESSO DAL MAR
 Giovanna drammatica a Matera e a Venezia. L'ondata di maltempo ha colpito dopo "Spide" il d'Italia. I Sassi e la Basilica di San Marco. Nel capoluogo lucano, neanche la solida impalcatura architettonica che da 9.000 anni preserva i sassi, ha retto alla violenza dell'acqua e del vento. Fiume di fango e detriti che hanno disolto parte della pavimentazione del centro storico. Abitazioni e ristoranti invasi e danneggiati. A Venezia, l'acqua alta alle 22.50 ha raggiunto quota 187 centimetri. La Basilica di San Marco è stata invasa da mezzo metro d'acqua, e la Procuratoria ha organizzato tutto di quantita, anche tentativi. Ancora una volta emerge la fragilità dei nostri territori, a causa di mancate misure di prevenzione.

A pagina 3

GANG GIOVANI
 Oneti figli

A pagina 5

NEONAZISTI Siena
Preparavano attentato alla moschea 12 indagati

MANOVRA Ex Iva: 5 stelle di traverso, soluzione lontana, Manovra: è scontato

Repulisti a scuola
 A rischio 5mila addetti alla pulizia delle aule che non verranno

PIÙ O FORTI
 Dal 1° gennaio si cambia, ma la novità rischia di avere pesanti ripercussioni su lavoratori e imprese, che potrebbero anche essere costretti a pagare 80 milioni di euro di indennità di disoccupazione. «Questa situazione è disastrosa», denuncia Massimo Stronati, presidente di Confcooperative Lavoro e Servizi. «Il governo non sta optando per tutti lavoratori, sottolinea la segretaria della Cisl Susanna Maddalena Giuni. Per l'ex Iva soluzione ancora lontana. Con-

A pagina 9

A pagina 11

A pagina 5, 6 e 7

RAID INTRATO E REAZIONE
Jihadista ucciso a Gaza Su Israele 200 razzi

Di questo mondo
 Marino Terzaghi

Trà "uomini"
 Dicono più quei pochi frangenti della videocamera di sorveglianza che un intero giorno sulla videocamera di Soriano. Sono i due ragazzi italiani uccisi dallo scoppio di una dinamite e si congratolano tra loro davanti un cinque. Non basta a celebrare il gran momento: uno dei due allarga le braccia, l'altro gli si avvicina, si stringono, danzano innocevole pacifiche sulle spalle. Come due che s'hanno fatto, che hanno osservato il patto, che hanno cercato fino in fondo un difficile compito, che hanno condiviso e separato una dura prova e si complimentano per il rispetto concesso.

A pagina 12

Agorà

SPRITUALITÀ
 I testi nascosti del monacismo nei libri dell'eremita

Le sfide più grandi. La scienza più avanzata

NOVEMBRE
 Gli Anni di piombo tra fertilità e perdono

AMBIENTE
 Si sciogliono i ghiacci, ritornano i virus

A pagina 13

A pagina 20

I nostri temi

L'INDAGINE
 Giovani e politica il bene comune è al «centro»

ALESSANDRO PINOIA
 Matera da tempo una politica all'altezza delle potenzialità che l'Italia può esprimere nei grandi processi di cambiamento del nostro tempo. Una politica in grado di mettere i cittadini nelle condizioni di dare il meglio nel contributo al bene comune.

A pagina 3

GANG GIOVANI
 Oneti figli



ansa.it



Cultural Heritage at Risk



**AEOLIAN ISLANDS
WORLD HERITAGE SITE**



www.eoliando.it



Cultural Heritage at Risk

Pluvial
Flooding -
Ferrara
Cathedral



Black crust on Marble
Milan Cathedral



Flood – Troja,
Prague



Megalithic
Temples,
Malta



Safeguarding Cultural Heritage at Risk

2018
EUROPEAN YEAR
OF CULTURAL
HERITAGE
#EuropeForCulture



- To encourage the **sharing and appreciation** of Europe's cultural heritage as a **shared resource**;
- To raise awareness of **common history and values**;
- To reinforce a sense of belonging to **Europe**; and
- To better **protect, safeguard, reuse, enhance, valorise** and **promote** Europe's cultural heritage.

© European Heritage Label

The screenshot shows the UNISDR website page for the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. The page includes the UNISDR logo, navigation menus, and a main heading "Sendai Framework for Disaster Risk Reduction". Below the heading, there is a section titled "MAKING THE DIFFERENCE FOR POVERTY, HEALTH AND RESILIENCE" which states that the Sendai Framework is the first major agreement of the post-2015 development agenda, with seven targets and four priorities for action. It was endorsed by the UN General Assembly following the 2015 Third UN World Conference on Disaster Risk Reduction (WCDRR). A link is provided to download the full text of the Sendai Framework in various languages: [AR] [CH] [EN] [FR] [RU] [SP].

Other sections on the page include "Third UN World Conference on Disaster Risk Reduction", "The Sendai Framework is a 15-year, voluntary, non-binding agreement which recognizes that the State has the primary role to reduce disaster risk but that responsibility should be shared with other stakeholders including local government, the private sector and other stakeholders. It aims for the following outcome: The substantial reduction of disaster risk and losses in lives, livelihoods and health and in the economic, physical, social, cultural and environmental assets of persons, businesses, communities and countries.", "The Sendai Framework is the successor instrument to the Hyogo Framework for Action (HFA) 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. It is the outcome of stakeholder consultations initiated in March 2012 and inter-governmental negotiations held from July 2014 to March 2015, which were supported by the UNISDR upon the request of the UN General Assembly.", "UNISDR has been tasked to support t", "Download Chart of the Sendai Fram The Seven Global Targets", and "The Four Priorities for Action".

Adopted by United Nations Member States in March 2015: is the basis for a *disasters risk-informed approach* to policy-making, offering a **coherent agenda** across different EU policies to strengthen resilience to risks and shocks and supporting the EU priorities of investment, competitiveness, research and innovation.

There is **need for focused action within and across sectors** by States at local, national, regional and global levels in the following four priority areas:



Priority 1. Understanding disaster risk

KNOWLEDGE (National and local levels)

Paragraph 24(d)**understand****cultural heritage impacts**, in the context of event-specific hazard-exposure and vulnerability information.

Priority 2. Strengthening disaster risk governance

Priority 3. Investing in disaster risk reduction for resilience

PUBLIC/PRIVATE STRUCTURAL/NON MEASURES (National and local levels)

Paragraph 30 (d) To **protect or support the protection** of cultural and collecting institutions and other sites of historical, **cultural heritage** and religious interest.


Priority 4. Enhancing disaster preparedness for effective response and to “Build Back Better” in recovery, rehabilitation and reconstruction

Action Plan: Key Area 4 – Supporting the development of a holistic disasters risk management approach

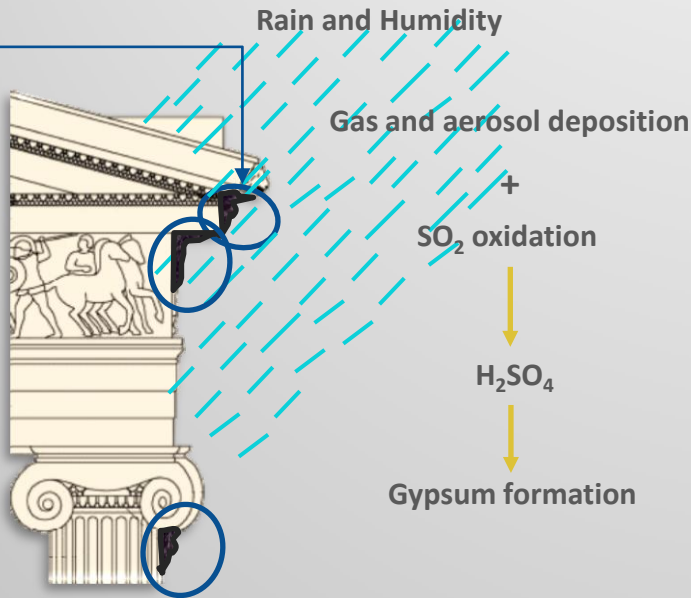
Develop good practices on the integration of **cultural heritage in the national disaster risk reduction strategies** to be developed by EU Member States.



Air Pollution impact on Heritage

DAMAGE PROCESS	OUTDOOR MATERIALS MAINLY AFFECTED	CLIMATE PARAMETERS	POLLUTANTS
 <p>SOILING, BLACK CRUST FORMATION</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Marble • Limestone • Sandstone with carbonate matrix • Air-setting and hydraulic mortar • Cement mortar and concrete • Glass 	<ul style="list-style-type: none"> • Rain amount • Time of wetness (T, RH) • Light 	<ul style="list-style-type: none"> • SO₂ • NO₂ • PM, PM₁₀, PM_{2.5} • C fractions of PM (EC, OC) • Soluble salt fraction of PM (SO₄²⁻, SO₃²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, Br⁻, HPO₄²⁻, Cl⁻, CHO₂⁻, C₂H₃O₂⁻ AND C₂O₄²⁻) • VOC

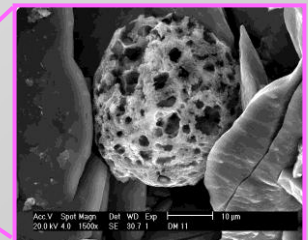
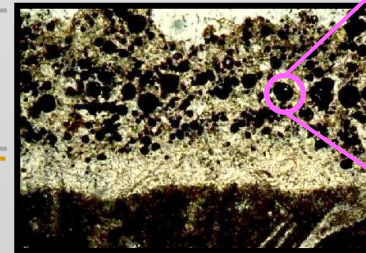
Black crust formation on surfaces partially sheltered from rain wash-out



Microscopic aspect







Black crust

Marble/limestone



carbonaceous particles

Air Pollution impact on Heritage

DAMAGE PROCESS	OUTDOOR MATERIALS MAINLY AFFECTED	CLIMATE PARAMETERS	POLLUTANTS
	<ul style="list-style-type: none"> Marble Limestone Sandstone with carbonate matrix Air-setting and hydraulic mortar Cement mortar and concrete 	<ul style="list-style-type: none"> Rain amount Rain pH Time of wetness (T, RH) 	<ul style="list-style-type: none"> SO₂ HNO₃ CO₂ PM, PM₁₀, PM_{2.5}
	<ul style="list-style-type: none"> Marble Limestone Sandstone with carbonate matrix Air-setting and hydraulic mortar Cement mortar and concrete Glass 	<ul style="list-style-type: none"> Rain amount Time of wetness (T, RH) Light 	<ul style="list-style-type: none"> SO₂ NO₂ PM, PM₁₀, PM_{2.5} C fractions of PM (EC, OC) Soluble salt fraction of PM (SO₄²⁻, SO₃²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, Br⁻, HPO₄²⁻, Cl⁻, CHO₂⁻, C₂H₃O₂⁻ AND C₂O₄²⁻) VOC
	<ul style="list-style-type: none"> Carbonate and silicate stones Air-setting and hydraulic mortar Cement mortar and concrete Wood 	<ul style="list-style-type: none"> Rain amount T RH Solar radiation 	<ul style="list-style-type: none"> OC FRACTION OF PM SOLUBLE SALT FRACTION OF PM (NO₃⁻, C₂H₃O₂⁻)
	<ul style="list-style-type: none"> Metals: steel, zinc, copper, bronze, lead 	<ul style="list-style-type: none"> Rain amount Rain pH T RH 	<ul style="list-style-type: none"> SO₂ HNO₃ O₃ PM, PM₁₀, PM_{2.5} H₂S COS CH₃COOH, CH₂O₂ NH₃ Soluble salt fraction of PM (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻)
	<ul style="list-style-type: none"> Glass 	<ul style="list-style-type: none"> Rain amount Rain pH T RH 	<ul style="list-style-type: none"> SO₂ HNO₃ O₃ PM, PM₁₀, PM_{2.5} Soluble salt fraction of PM (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻)
	<ul style="list-style-type: none"> Sandstone Limestone Air setting and hydraulic mortar Cement mortar and concrete Brick 	<ul style="list-style-type: none"> RH cycles Rain pH T 	<ul style="list-style-type: none"> PM, PM₁₀, PM_{2.5} Soluble salt fraction of PM (SO₄²⁻, Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, Ca⁺, Na⁺, Mg²⁺, K⁺)

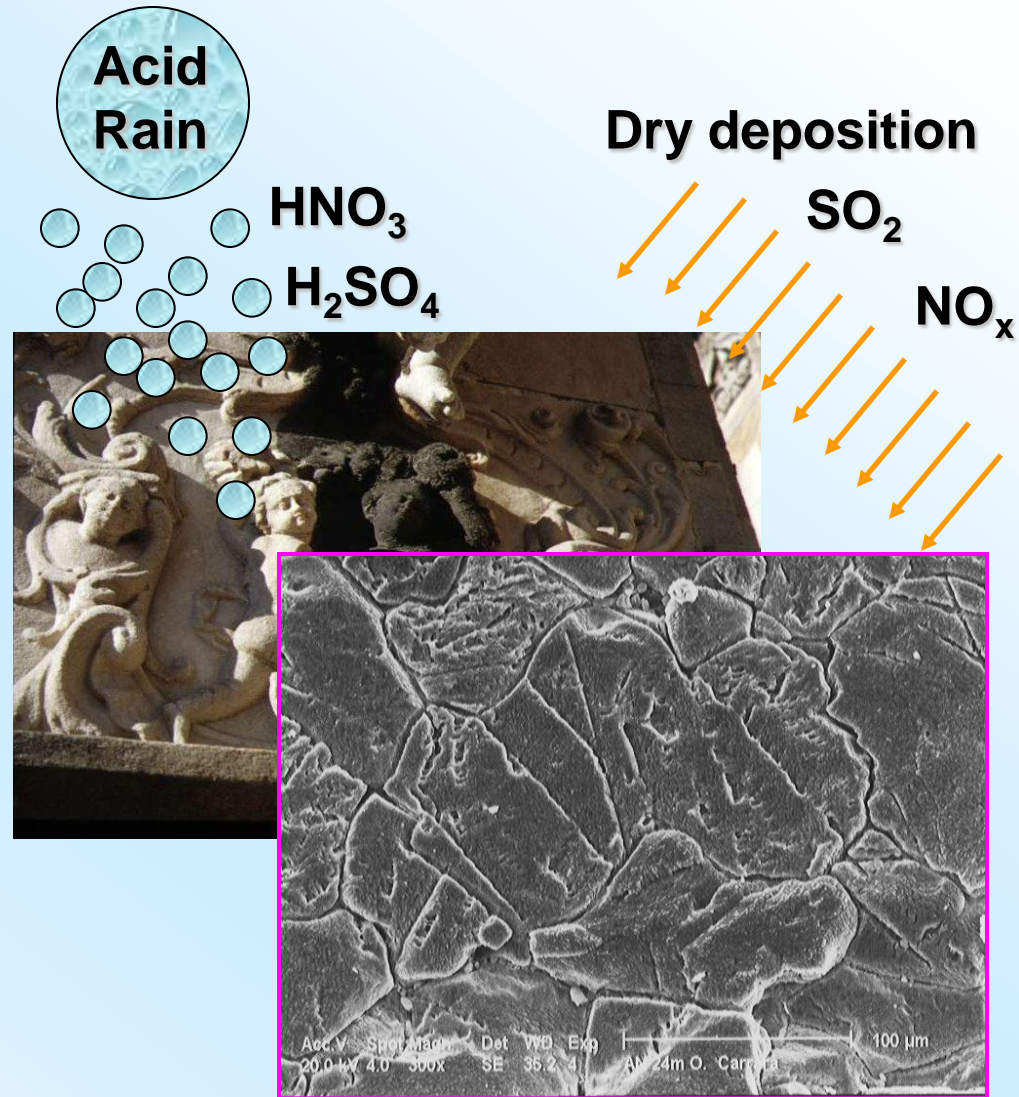
SURFACE RECESSION OF CARBONATE STONES

Material dissolution due to the chemical attack induced by:

1. **Clean rain** (rain at pH 5.6 in equilibrium with 330 ppm CO_2 – karst effect)
2. **Acid Rain** (additional acidity due to anionic components, such as SO_4^{2-} , NO_3^-)
3. **Dry deposition** (gaseous pollutants occurring between precipitation events)

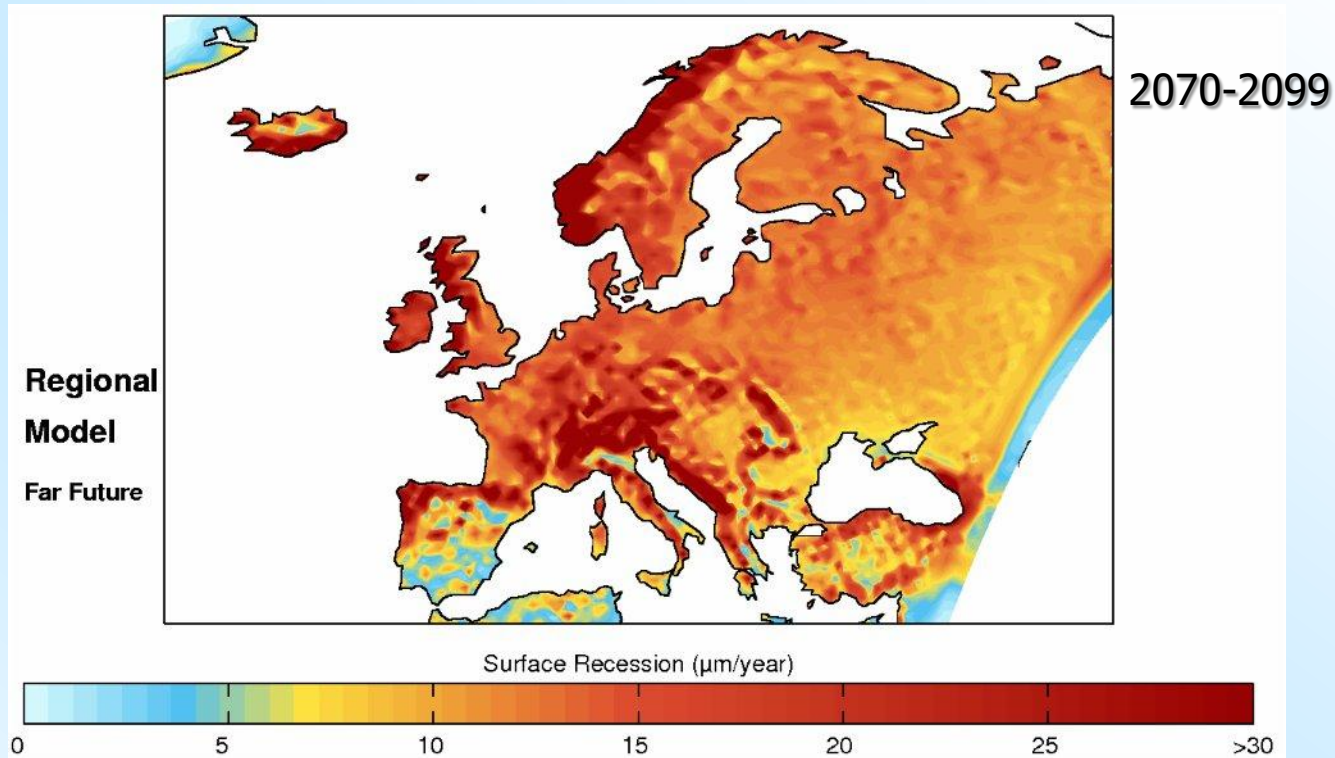
+

Material surface erosion due to the mechanical effect of rain



"Gutta cavat lapidem"

SURFACE RECESSION



Surface recession is expected to be higher in the areas that will be more affected by precipitation, that are the mountain chains (Alps, Carpathians, Pyrenees) and the westerlies exposed areas, reaching values higher than 30 $\mu\text{m}/\text{year}$

Coastal areas of Mediterranean Basin

Coastal areas are complex and fragile eco-cultural-systems that need specific consideration for their best preservation.

Observing the UNESCO World Heritage Map is noticeable the abundance of cultural heritage sites (in orange) that raise on the littoral zones.



Costiera Amalfitana
(Italy) © OUR PLACE The
World Heritage
Collection



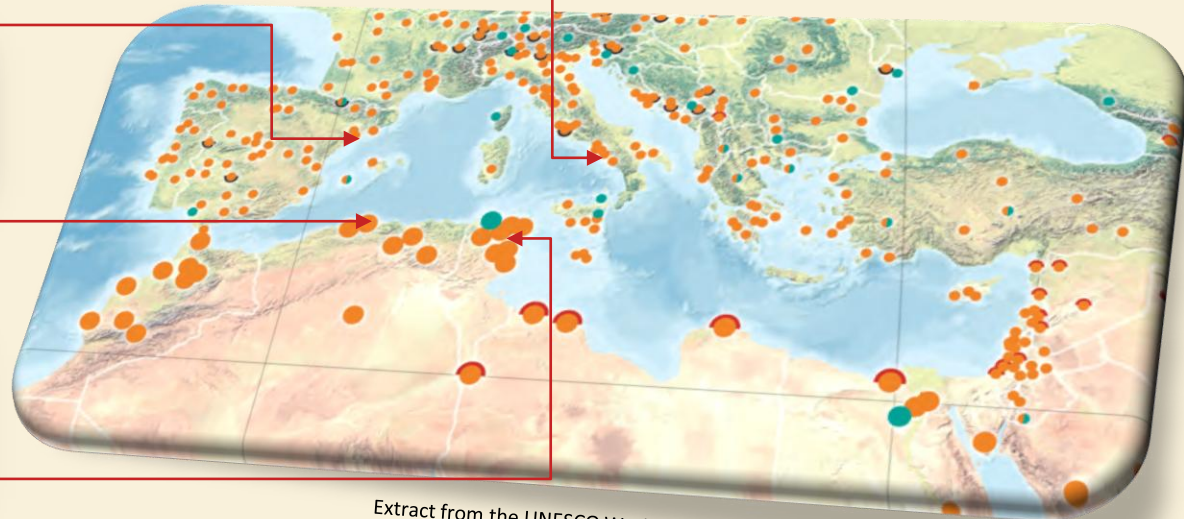
Kasbah of Algiers
(Algeria)
© UNESCO



Archaeological
Ensemble of Tàrraco
(Spain) © Instituto del
Patrimonio Cultural de
España.



Archaeological Site of
Carthage (Tunisia)
© Editions Gelbart



Extract from the UNESCO World Heritage Map
(2016-2017)

HOT SPOT

Heritage in Coastal areas of Mediterranean Basin

COASTAL AREAS (monuments, landscapes, etc.)



Siracusa (Italy)



UNDERWATER HERITAGE (monuments/ecosystems)

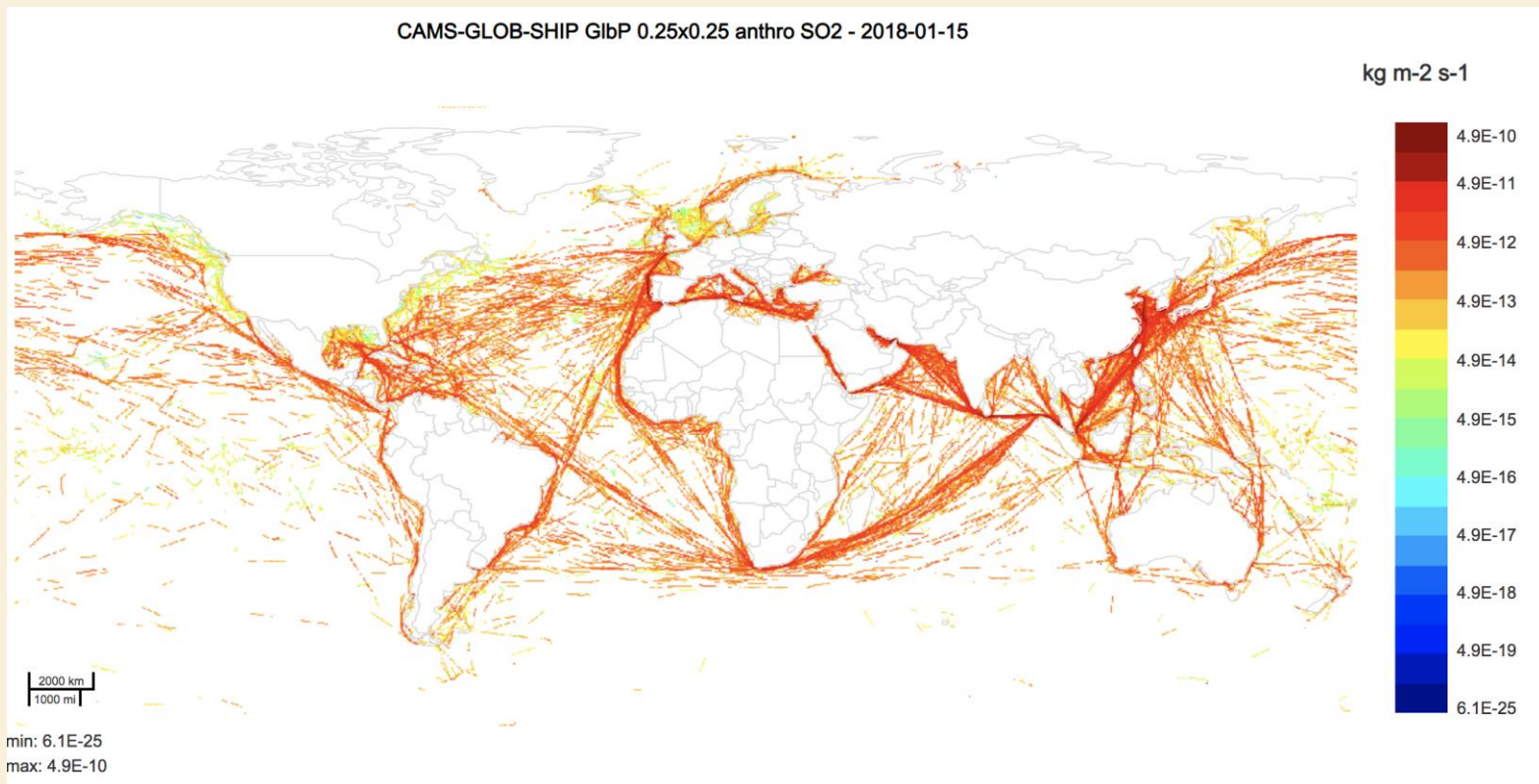


Christ of the Abyss – San Fruttuoso
(Genoa, Italy)



Baia (Naples, Italy)

Global ship emissions for various chemical species (SO_2 , SO_4^{2-} , CO, NO_x , EC, CO_2 , OC, NMVOCs, ash)

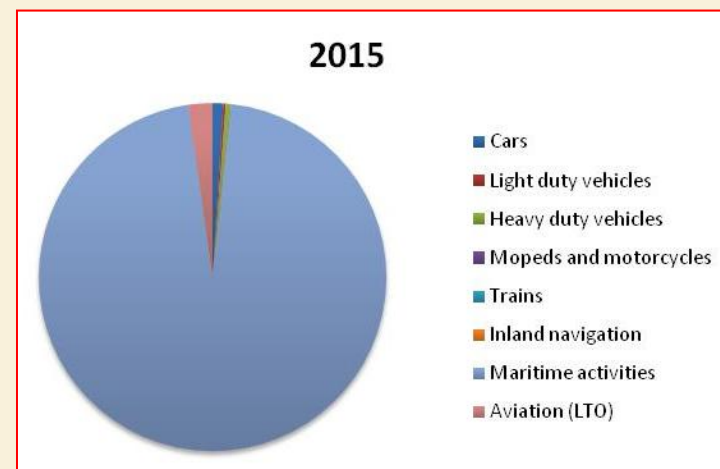


TASK FORCE COPERNICUS CULTURAL HERITAGE

SO₂ emissions of transport sector in Italy (from ISPRA report)

Modalità di trasporto	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	t									
Cars	61.375	26.233	4.953	1.296	225	223	227	235	244	215
Light duty vehicles	16.518	11.720	2.529	450	84	89	82	70	72	53
Heavy duty vehicles & bus	50.095	32.798	4.342	611	107	113	113	104	105	99
Mopeds and motorcycles	2.404	890	163	57	9	9	10	11	10	8
Trains	846	545	69	7,3	0,9	0,7	0,8	0,6	0,3	0,3
Inland navigation	119	91	11	1,9	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Maritime activities	79.018	71.121	81.592	49.746	28.380	26.538	23.915	22.498	22.403	21.070
Aviation (LTO)	243	291	448	345	524	497	478	453	490	497
TOT	211.651	143.940	100.102	52.513	29.332	27.472	24.826	23.372	23.325	21.942

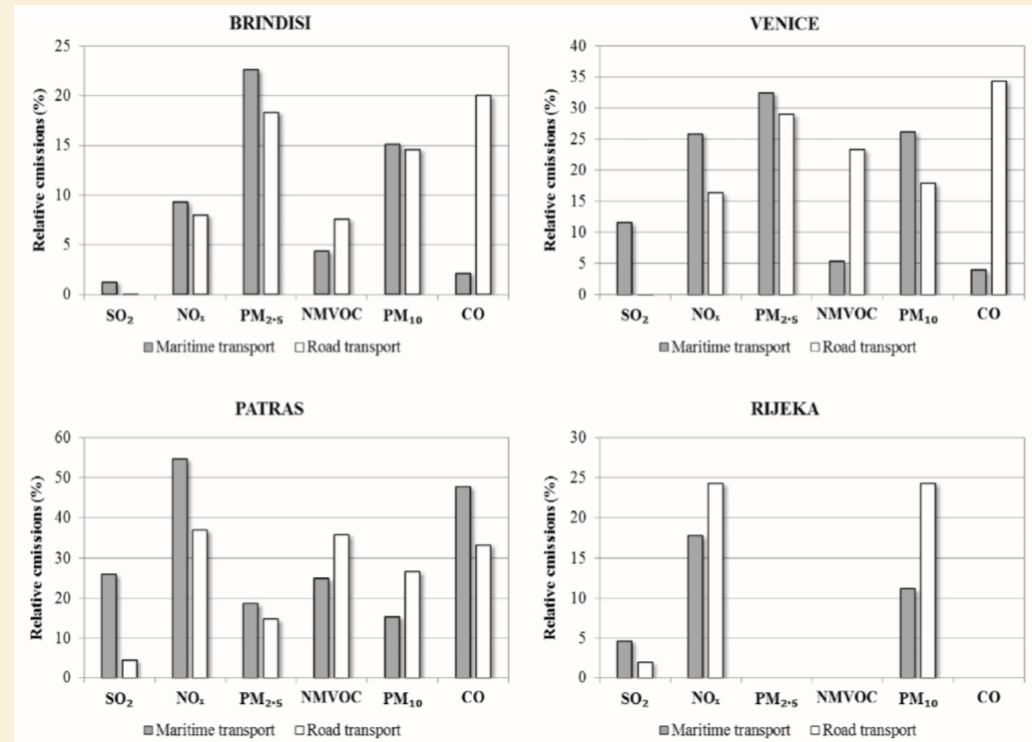
Fonte: ISPRA



[Bernetti, Contaldi and Sestili, 2017]

SO₂ emissions in port-cities

According to **POSEIDON Project**, which monitored ship emission in four port-cities, Brindisi and Venice (Italy), Patras (Greece) and Rijeka (Croatia), it was highlighted that the road traffic and maritime sector had comparable emissions especially for NO_x and PM_{2.5}, while shipping was noticed as the transport sector mainly responsible for SO₂ emissions.



Comparison of relative emissions associated to maritime and road transport in four port cities

[E. Merico et al. 2017]

How can naval traffic affect Cultural Heritage?

- Materials carbonate based:**
- ✓ Limestone
 - ✓ Marble
 - ✓ Sandstone with carbonate matrix
 - ✓ Air-setting and hydraulic mortar, etc.

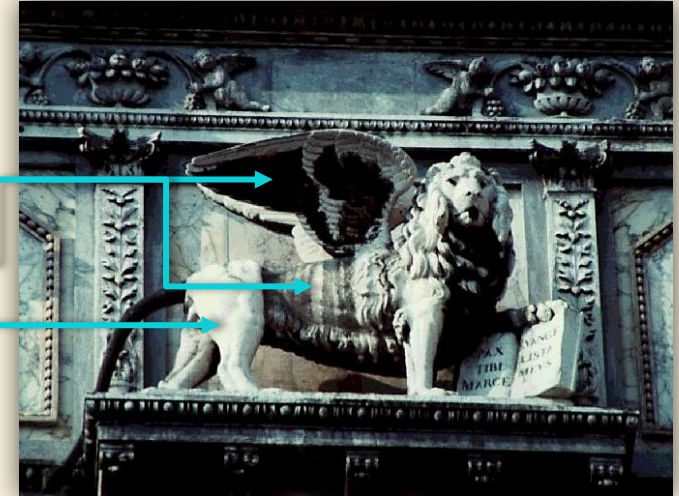
▪ Sulfation by SO_2 → **BLACK CRUSTS FORMATION**

- ✓ Limestone to gypsum
- ✓ Deposition of **soot**
- ✓ Rain partially sheltered

▪ **SURFACE RECESSION**

- ✓ Rainwashed areas
- ✓ May be white

▪ **SALTS CRYSTALLIZATION**



Different approaches to study the impact of pollution on Cultural Heritage in coastal areas

- LAB SIMULATION STUDY
- FIELD EXPOSURE TESTS
- CASE STUDY



On sandstone in Belfast (UK)

«...the mobility of gypsum may have been enhanced by the presence of NaCl...»

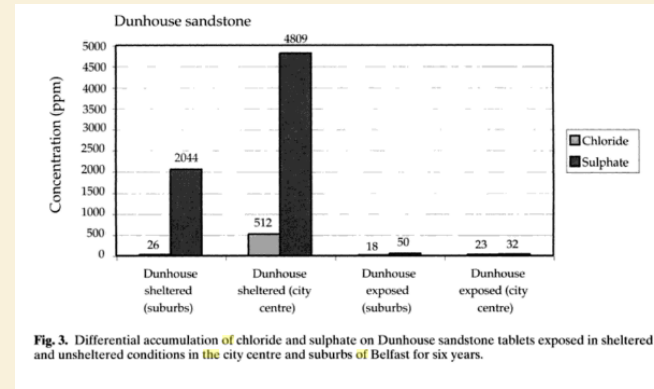


Fig. 3. Differential accumulation of chloride and sulphate on Dunhouse sandstone tablets exposed in sheltered and unsheltered conditions in the city centre and suburbs of Belfast for six years.

[Smith et al., 2002. Modelling the rapid retreat of building sandstones: a case study from a polluted maritime environment. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.205.01.25>]

- SAMPLES FROM HISTORICAL BUILDING → e.g. Bilbao

«...Nitrate is the major soluble compound of the analysed subsamples...are supposed to come from harbour traffic (combustion of fuels) as well as from fuels used in industrial processes...»

[Martínez-Arkarazo et al., 2007. An integrated analytical approach to diagnose the conservation state of building materials of a palace house in the metropolitan Bilbao (Basque Country, North of Spain). *Analytica Chimica Acta* 584, 350–359]



- FIELD EXPOSURE TESTS

e.g. ARQUEOMONITOR Project –ES → field exposure tests of metallic and stone samples underwater in Cadiz Bay

[<http://arqueologianauticaysubacuatica.uca.es/arqueomonitor/>; Camara et al., 2017]

FINAL REMARKS

- Need of enhancing the consciousness regarding the importance of protection of coastal natural & cultural heritage
- Ship emissions can affect the state of conservation of the materials belonging to cultural heritage, in particular buildings and outdoor monuments.
- Increase of intensity and frequency of extreme events
- Need of mitigation strategies aiming at reducing emissions (Mediterranean ECA)
- Still lack of studies regarding the naval impact on underwater heritage





**Thank you
for your
attention**



What kind of emissions can be produced by ships?

AIR EMISSIONS

- Macropollutants:
 - ✓ SO₂, NO_x, CO, CO₂ and O₃
 - ✓ Particulate matter (PM) – ! Black Carbon (BC)
 - ✓ Non-Methane Volatile Organic Compounds (NMVOCs)
- Micropollutants:
 - ✓ Metals
 - ✓ Organic species
- Other
 - ✓ Incineration of waste
 - ✓ Noise
 - ✓ Visual pollution



DISCHARGE TO SEA

- Sewage (black water)
- Grey water
- Oil and oily mixtures
- Wash water from scrubbers
- Garbage
- Ballast water

[Norwegian Maritime Authority. 2017. Pollution from ships in fjord areas with heavy cruise traffic – Report; F. Liguori, S. Pillon, S. Patti. Progetto MED-CAIMANS. L'esposizione della popolazione agli inquinanti atmosferici dovuti alle navi crociera a Venezia: confronto tra scenario attuale e scenari futuri di sviluppo e di mitigazione. 2016.]

Recent and Relevant EU Projects on ship emissions

Financed by the European program for territorial Cooperation MED 2007/2013:

- **APICE 2010 – 2013 - Common Mediterranean strategy and local practical Actions for the mitigation of Port, Industries and Cities Emissions**

The aim of the project was to develop a knowledge-based approach for air pollution mitigation and sustainable development of port activities, managed by spatial planning policies at local level, which included the territory around the ports.

<http://www.apice-project.eu/>



- **CAIMANs 2014-2015 - Cruise and passenger ship Air quality Impact Mitigation ActionNs**

The project studies the impact of passenger maritime traffic on air quality in five important port cities in the northern Mediterranean: Barcelona, Marseilles, Genoa, Venice and Thessaloniki.

<http://www.medmaritimeprojects.eu/section/caimans>



- **POSEIDON 2014-2015 - Pollution monitoring of ship emissions: an integrated approach for harbours of the Adriatic basin**

The POSEIDON project aimed at investigating the impact on air quality of four major harbours in the Adriatic/Ionian Seas (Brindisi, Patras, Rijeka and Venice), using a common state-of-the-art methodology based on emission inventories, numerical modelling and experimental results in order to produce comparable information useful to plan future actions and controls of emissions in the Adriatic/Ionian macroregion.

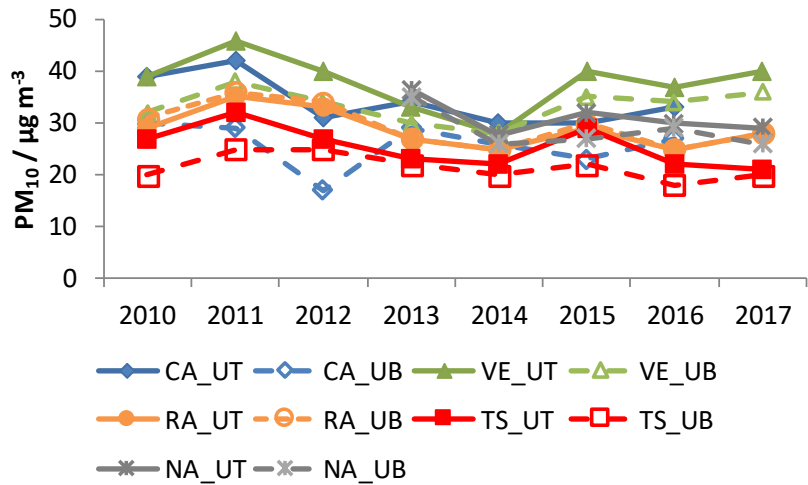
<http://www.medmaritimeprojects.eu/section/poseidon>



Pollution in coastal cities



- Concentration of air pollutants monitored by the Regional Agency for Environmental Protection of Italy:



Legend:
 UT = urban traffic-oriented monitoring stations
 UB = urban background monitoring stations

