





GIS DAY 2021

IL GIS PER IL GOVERNO E LA GESTIONE DEL TERRITORIO

a cura di

**BARBARA CARDONE
FERDINANDO DI MARTINO**

Contributi di

**GIOVANNA ACAMPORA, SIMONE AMOROSO, ANTONIA ARENA
OSCAR ROSARIO BELFIORE, BARBARA BERTOLI, MANUELA BONANO
BARBARA CARDONE, MARIA CERRETA, CLELIA CIRILLO
MARIA FABRIZIA CLEMENTE, LORETO COLOMBO, EMANUELA COPPOLA
NATALINO CORBO, GUIDO D'URSO, CARLO DE MICHELE, PASQUALE DE TORO
FEDERICA DELL'ACQUA, FABIO DI IORIO, FERDINANDO DI MARTINO
SALVATORE FALANGA BOLOGNESI, ENRICO FORMATO, LUCA GABRIELE
SABATO IULIANO, MIRELLA IZZO, RICCARDO LANARI, LOREDANA MARCOLONGO
CRISTIANO MAURIELLO, ANNALISA MELE, BRUNO MENALE, ANDREA MIANO
VITTORIO MIRAGLIA, FERDINANDO MARIA MUSTO, MANUEL ORABONA
GIULIANO POLI, ANDREA PROTA, MARINA RUSSO, LUIGI SCARPA
GIANCARLO SIBILIO, MARIA SOMMA, MARIANGELA TERRACCIANO
MICHELE TORA, GIAMPIERO TRANI
FABIOLA VALDEZ CARPIO ZULLY, SARA VERDE**



aracne



ISBN
979-12-218-0223-8

PRIMA EDIZIONE
ROMA 18 NOVEMBRE 2021

Indice

Prefazione	1
<i>Maria Fabrizia Clemente: Dal land use Copernicus all'analisi dei rischi naturali e ambientali sui litorali urbani: il GIS come strumento per la valutazione dei potenziali danni</i>	5
1 Introduzione	6
2 Il <i>land use</i> Copernicus	10
3 Le funzioni di danno per l'analisi dei potenziali danni diretti e tangibili	12
4 Caso applicativo: la valutazione dei potenziali danni sulla città di Napoli	15
5 Conclusioni	19
<i>Federica Dell'Acqua, Sara Verde: Approccio knowledge-based al progetto ambientale per il contrasto degli impatti climatici nella macroarea di Napoli nord</i>	23
1 Introduzione	25
2 La macroarea di Napoli nord	27
3 Approccio metodologico	29
4 Risultati	35
5 Conclusioni	39
<i>Salvatore Falanga Bolognesi, Carlo De Michele, Natalino Corbo, Luca Gabriele, Michele Tora, Giampiero Trani, Oscar Rosario Belfiore, Guido D'Urso: Mappatura delle aree allagate mediante analisi multi-temporale di dati di Sentinel-1: il caso di studio del Consorzio di Bonifica dell'Agro Pontino.</i>	43

1	Introduzione	46
2	Area di studio: il Consorzio di Bonifica dell'Agro Pontino	49
3	Dati pluviometrici e livelli idrometrici misurati nei giorni del 24-25 novembre 2018	50
4	Dati satellitari Sentinel-1	52
5	Elaborazione dei dati satellitari Sentinel-1	56
6	Risultati	59
7	Validazione della procedura: applicazione all'area di Liegi (Belgio)	60
8	Conclusioni	64

Annalisa Mele, Andrea Miano, Manuela Bonano, Riccardo Lanari, Andrea Prota: GIS to support the built-up environment structural health monitoring using remote sensing data. An application in Rome **69**

1	Introduction	71
2	DInSAR technique to monitor lands and structures	71
3	Application on an existing RC building in Rome	72
	3.1 Elaborations in 2-D	73
	3.2 Elaborations in 3-D	75
	3.3 Interpretation of displacements for damage assess- ment	78
4	Conclusions	79

Vittorio Miraglia: Un processo GIS-Based per il riconoscimento dei tipi edilizi ricorrenti nei contesti urbani finalizzato all'analisi di categorie d'intervento *climate proof* per la mitigazione climatica **83**

1	Introduzione	85
2	Presentazione del modello PLANNER	87
3	Il processo automatizzato	92
4	Risultati	96
5	Conclusioni	98

Simone Amoroso, Giancarlo Sibilio, Bruno Menale: La gestione del *patrimonio verde* delle città antiche: un cen-

**simento geo-referito per l'analisi spazio-temporale della
composizione floristica della Villa Comunale di Napoli 105**

1	Introduzione	107
2	L'area di studio: la Villa Comunale di Napoli	108
3	Scopo	111
4	Metodologia – Campionamento	112
5	Costruzione del <i>Sistema Informativo Geografico</i> e del WebGIS	114
6	Analisi della composizione in specie della Villa Comunale di Napoli	116
7	Cartografia e WebGIS	121
8	Discussione	123
9	Conclusioni	124

***Clelia Cirillo, Giovanna Acampora, Marina Russo, Lore-
dana Marcolongo, Barbara Bertoli, Luigi Scarpa: Study
in the Campania Region to evaluate the availability of
agro-forestry biomass to be used for energy purposes 129***

1	Introduction	130
2	Territorial Analysis for evaluation of agro-forestry biomass availability in Campania region	131
3	Spatial analysis of the agro-forestry landscape in Campania: case study Province of Avellino	146
4	Phytoremediation of polluted areas in Campania region .	149
5	Giant reed (<i>Arundo donax</i>): a biomass case of study of Campania region	152
6	Conclusions	154

***Emanuela Coppola, Ferdinando Maria Musto: Le infrastrut-
ture verdi in ambito urbano: i casi di San Sebastiano al
Vesuvio e di San Cipriano Picentino 159***

1	Introduzione	160
2	Il caso di San Sebastiano al Vesuvio	161
	2.1 Analisi del percorso del Trenino a Cremagliera . .	162
	2.2 Analisi del percorso Riserva Tirone	164
	2.3 Analisi del percorso del Gran Cono	165
3	Analisi geologica dei sentieri del Vesuvio	167
4	Percorsi di connessione del territorio di San Cipriano Picentino	169

4.1	Analisi del 1° Percorso: Vinealis (Borgo Vignale)	171
4.2	Analisi del 2° Percorso: Vignale	172
4.3	Analisi del 3° Percorso: Sentiero dell'acqua fredda	173
4.4	Analisi del 4° Percorso: Montevetrano	175
4.5	Rischi idrogeologici	175
4.6	Analisi del 5° Percorso: Monte Tubenna	178
5	Conclusioni	182

***Michele Grimaldi, Isidoro Fasolino, Stefano Carpenito, Eli-
gio Troisi: Una proposta metodologica basata sugli in-
dici di vegetazione a supporto della pianificazione delle
infrastrutture verdi* 185**

1	Introduzione	186
2	Il Progetto Copernicus e le immagini Sentinel-2a	189
3	Indici di vegetazione	191
4	Metodologia	191
5	Caso studio	193
6	Risultati	198
7	Conclusioni	200

***Loreto Colombo, Cristiano Mauriello: Greco di Tufo. Ana-
lisi geomorfologica dell'area di produzione* 205**

1	Introduzione	206
	1.1 Tufo. Una città del vino	206
2	Origini	212
3	Il mercato del vino	217
4	L'area di studio	219
5	Conclusioni	222

***Antonia Arena: Un Sistema Informativo Territoriale dei
servizi per l'infanzia nel Comune di Napoli* 227**

1	Introduzione	228
2	Il processo di realizzazione del Sistema Informativo Terri- toriale tra impostazione metodologica e fasi attuative	232
3	Risultati	237
4	Conclusioni	239

<i>Barbara Cardone, Ferdinando Di Martino: GIS framework per la classificazione di elementi urbani da stati emotivi nella rete sociale</i>		243
1	Introduzione	244
2	Architettura del Sistema	246
3	Il caso di studio: efficienza dei servizi tecnologici offerti nei quartieri della città di Bologna	250
4	Conclusioni	255
<i>Pasquale De Toro, Fabio Di Iorio, Enrico Formato, Manuel Orabona: Il GIS come strumento di supporto alla decisione per il Piano Urbanistico Comunale di Casaluce (CE)</i>		257
1	Introduzione	258
2	Rapporto Ambientale di VAS e analisi territoriale	261
3	Formazione e valutazione del Piano	266
4	Conclusioni	274
<i>Sabato Iuliano, Fabiola Valdez Carpio Zully: Tecniche GIS per la riqualificazione e la connessione dei distretti del centro storico di Lima metropolitana</i>		277
1	Introduzione	278
2	Tematiche affrontate, dati acquisiti e strumenti utilizzati	280
3	Risultati dell'analisi GIS	282
4	Proposte	287
5	Conclusioni	289
<i>Mirella Izzo, Mariangela Terracciano: L'Historical GIS come strumento di indagine per la Città Antica. Il caso di Neapolis</i>		291
1	Introduzione	292
2	L'approccio metodologico	293
3	Il processo operativo nel progetto <i>Forma Urbis Neapolis</i>	294
4	L'interazione tra le fonti scritte e le "non evidenze"	299
5	Conclusioni	301
<i>Giuliano Poli, Maria Somma, Maria Cerreta: A prescriptive spatial model for assessing cumulative effects on Natu-</i>		

ra 2000 Sites: The case study of the Metropolitan Area of Messina (Sicily)	303
1 Introduction and definition of the decision problem	305
2 Fragmentation and cumulative effects on protected areas in the territory of Messina	308
3 Materials and methods: the Landscape metrics approach.	311
4 Results	313
4.1 ED (<i>Edge Density</i>) index	314
4.2 Connectivity index	315
5 Discussion and conclusions	317

Prefazione

Il 17 novembre 2021, giornata mondiale dedicata alle tecnologie GIS, ha avuto luogo, presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, l'evento GIS DAY 2021: *Strumenti e tecnologie GIS di supporto alle decisioni per l'analisi e la gestione complessa dei Sistemi Territoriali Infrastrutturali ed Urbani*, che ha visto la partecipazione di numerosi studiosi ed esperti del settore.

Il convegno si è svolto in tre sessioni specifiche connesse, rispettivamente, alle seguenti tematiche:

- ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL CLIMATE AND PANDEMIC RISKS;
- GREEN INFRASTRUCTURES MONITORING AND DESIGN;
- STRATEGIC URBAN PLANNING FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT.

Quest'anno, la dodicesima edizione consecutiva, si è svolta con il supporto della ESRI Italia che ci accompagna ogni anno ma anche della ESRI America che ha offerto n. 7 licenze annuali dell'“ArcGIS for Personal Use” comprensive di estensioni con le quali sono stati premiati i 7 lavori ritenuti più significativi e originali:

- Per la sessione
ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL CLIMATE AND PANDEMIC RISKS:
 - Maria Fabrizia Clemente: *Dal land use Copernicus all'analisi dei rischi naturali e ambientali sui litorali urbani: il GIS come strumento per la valutazione dei potenziali danni;*
 - Annalisa Mele, Andrea Miano, Manuela Bonano, Riccardo Lanari, Andrea Prota: *GIS to support the built-up environment structural health monitoring using remote sensing data. An application in Rome;*
 - Vittorio Miraglia: *Un processo GIS-Based per il riconoscimento dei tipi edilizi ricorrenti nei contesti urbani finalizzato all'analisi di categorie d'intervento climate proof per la mitigazione climatica.*

- Per la sessione
GREEN INFRASTRUCTURES MONITORING AND DESIGN:
 - Giancarlo Sibilio, Simone Amoroso, Bruno Menale: *La gestione del patrimonio verde delle città antiche: un censimento geo-referito per l'analisi spazio-temporale della composizione floristica della Villa Comunale di Napoli*;

- Per la sessione
STRATEGIC URBAN PLANNING FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT:
 - Pasquale De Toro, Fabio Di Iorio, Enrico Formato, Manuel Orabona: *Il GIS come strumento di supporto alla decisione per il Piano Urbanistico Comunale di Casaluce (CE)*;

 - Giuliano Poli, Maria Somma, Maria Cerreta: *A prescriptive spatial model for assessing cumulative effects on Natura 2000 Sites: The case study of the Metropolitan Area of Messina (Sicily)*.

I lavori scientifici esposti nei singoli interventi sono stati sottomessi dagli autori e pubblicati nella seguente monografia dedicata alla diffusione degli Atti del convegno. Si ringraziano, quindi, tutti gli autori per il loro prezioso e valido contributo.

Un particolare ringraziamento è rivolto a *Silvia d'Ambrosio*, Responsabile dell'Ufficio Ricerca del Dipartimento di Architettura, per il coordinamento generale, per la supervisione e per la gestione dei contatti con i relatori, nonché per l'attentissima cura editoriale degli abstract e della pubblicazione degli Atti, sin dalla prima edizione di questa iniziativa.

I curatori
Barbara Cardone, Ferdinando Di Martino

Analysis of Environmental Climate and Pandemic Risks

Dal *land use Copernicus* all'analisi dei rischi naturali e ambientali sui litorali urbani: il GIS come strumento per la valutazione dei potenziali danni

MARIA FABRIZIA CLEMENTE
Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Napoli "Federico II"
email: mariafabrizia.clemente@unina.it

ABSTRACT: Coastal areas are densely populated and extremely vulnerable to climate risks, in this scenario, climate risk governance is one of the main aspects of urban management. GIS systems enable to analyse, classify and combine multiple data in order to simulate and assess climate risks, thus providing a concrete decision support tool for planners at both global and local scales. The contribution focuses on the spatial analysis processes for the calculation of the exposed value as part of the larger proposal of the Coast-RiskBySea model (COASTal zones RISK assessment for Built environment bY extreme SEA level) elaborated in GIS environment following the IPCC conceptual framework (reports AR5 and AR6). The risk on the built environment is assessed according to the potential direct and tangible economic damage due to coastal flood events. Potential damage scenarios are calculated by combining *land use* and damage functions to transform exposure into exposed value according to a land use-based analysis. Analyses are conducted on a base of a hexagonal reference grid that allows a simplification of the territory: each cell constitutes a minimum homogeneous georeferenced territorial unit on which all information is stored to conduct, more or less complex, operations in GIS. The data used are all open source and characterised by a homogeneous

spatial coverage at European level to enable the replicability of the analyses also in contexts different from the proposed case study.

KEYWORD: coastal flood, exposure, exposed value, land use, Copernicus, damage functions.

SUNTO: Le aree costiere sono aree densamente popolate ed estremamente vulnerabili ai rischi climatici, in questo scenario, la governance dei rischi climatici è uno degli aspetti principali nel management urbano. I sistemi GIS consentono di analizzare, classificare e combinare molteplici dati al fine di simulare e valutare i rischi climatici, rappresentando un concreto strumento di supporto decisionale ai progettisti sia alla scala globale che alla scala locale. Il contributo si concentra sui processi di analisi spaziale per il calcolo del valore esposto nell'ambito della più ampia proposta del modello *Coast-RiskBySea* (COASTal zones RISK assessment for Built environment bY extreme SEA level) elaborato in ambiente GIS seguendo il framework concettuale dell'IPCC (report AR5 e AR6). Il rischio sull'ambiente costruito è valutato in funzione dei potenziali danni economici, diretti e tangibili, ai fenomeni di inondazione costiera. I potenziali scenari di danno sono calcolati combinando il *land use* e le funzioni di danno per trasformare l'esposizione in valore esposto secondo un'analisi *land use-based*. Le modellazioni sono condotte sulla base di un reticolo di riferimento esagonale che permette una semplificazione del territorio: ogni cella costituisce un'unità territoriale minima omogenea georeferenziata su cui sono caricate tutte le informazioni al fine di svolgere operazioni, più o meno complesse, in ambiente GIS. I dati utilizzati sono tutti open source e caratterizzati da una copertura spaziale omogenea a livello europeo al fine di permettere la replicabilità delle analisi anche in contesti diversi da quello proposto.

PAROLE CHIAVE: inondazione costiera, esposizione, valore esposto, land use, Copernicus, funzioni di danno.

1 Introduzione

Dalla fine del XX secolo la temperatura media globale è aumentata di circa $1,0^{\circ}\text{C}$, con intervalli probabili compresi tra $0,8^{\circ}\text{C}$ e $1,2^{\circ}\text{C}$, causando

importanti effetti sul sistema climatico. I dati diffusi nell'ultimo report IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) AR6 evidenziano come gli impatti climatici sui sistemi antropici si concentrano e si concentreranno maggiormente in Europa, nel Mediterraneo e, più in generale, nelle città di mare con importanti effetti negativi per gli insediamenti urbani e le attività socioeconomiche. Nelle città euro-mediterranee i principali rischi climatici derivano, pertanto, dall'aumento in intensità e frequenza degli eventi meteorologici e climatici estremi, come le mareggiate o gli uragani mediterranei, e dagli eventi gradualmente come l'innalzamento del livello del mare, l'aumento della temperatura marina o l'acidificazione delle acque [IPCC 2022].

Gli *hazard* naturali in azione congiunta con gli effetti sempre crescenti del cambiamento climatico possono provocare, infatti, impatti diretti per gli insediamenti urbani costieri come danni fisici ai beni esposti, o effetti indiretti come l'abbandono dei territori e l'aumento dei flussi migratori [Cramer et al. 2018]. In questo contesto, la gestione dei rischi climatici rappresenta un aspetto fondamentale del management urbano e richiede la messa in campo di modelli e strumenti innovativi di supporto ai processi decisionali.

Ridurre i rischi climatici e aumentare la resilienza agli impatti sono obiettivi fondamentali per le città del prossimo futuro agendo da una parte sulla riduzione delle emissioni (mitigazione) e dall'altra sull'adattamento e l'aumento della resilienza attraverso specifiche azioni progettuali [Spano et al. 2020]. In questo scenario, l'efficacia dei progetti dipende dalla capacità di quest'ultimi di saper prefigurare gli scenari futuri e, quindi, dalla conoscenza e dalla valutazione dei rischi climatici.

Nell'analisi dei rischi climatici, i modelli si relazionano spesso con scale regionali o sub-regionali, gli impatti e le vulnerabilità dipendono, però, dai contesti locali e, pertanto, la conoscenza del rischio alla scala locale rappresenta spesso un ostacolo per un concreto supporto decisionale [Mercogliano et al. 2020]. A partire dai modelli climatici sono, infatti, elaborati strumenti di supporto decisionale, DDSs (*Decision Support Systems*), pertanto, la scala delle analisi risulta, spesso, inadeguata per i progetti alla scala locale.

Lo studio del cambiamento climatico e dei suoi effetti sui sistemi urbani, grazie al contributo offerto dalle tecnologie abilitanti, è affidato a modellazioni e simulazioni climatiche multiscalarari. Nell'ambito delle tecnologie abilitanti, le ICTs (*Information and Communication Technolo-*

gies) come i sistemi GIS, le piattaforme web-GIS o le applicazioni per smartphone, consentono di supportare tutte le fasi di gestione dei rischi climatici attraverso il monitoraggio, la previsione e la prevenzione dei pericoli prima che si verifichino eventi critici, e, successivamente, nelle fasi di risposta e recupero mediante l'elaborazione, l'organizzazione e la diffusione delle informazioni [World Bank 2019].

La complessità che caratterizza l'ambiente urbano-costiero in regime di cambiamento climatico richiede di orientare processi e progetti attraverso l'elaborazione di DDSs dinamici e aperti [Tersigni 2017]. In ambiente GIS, attraverso processi di analisi spaziale e operazioni di *knowledge management* è possibile individuare, visualizzare e valutare, sul piano spaziale, l'impatto dei rischi climatici sull'ambiente costruito e naturale, mediante le analisi ambientali e l'uso di indicatori ed indici, ricavati combinando dati e informazioni provenienti da fonti differenziate processati attraverso specifici algoritmi [Di Martino, Sessa 2016].

Seguendo il *framework* concettuale dell'IPCC, per conoscere, quantificare e valutare i rischi climatici, è necessario valutare l'*hazard* (pericolo climatico), gli elementi esposti e la vulnerabilità locale. Attraverso le analisi ambientali e l'utilizzo di indicatori, attuando modellazioni e simulazioni multiscalari, è possibile poi individuare le aree a rischio e il grado di rischio correlato [Mussinelli, Tartaglia 2021]. Infine, grazie alla metaprogettazione è possibile testare le soluzioni progettuali verificando la riduzione dei rischi e le ricadute progettuali in termini ambientali, sociali ed economici [D'Ambrosio 2018].

Il contributo è maturato nell'ambito delle ricerche sui rischi ambientali sviluppate presso il Dipartimento di Architettura dell'Università Federico II in sinergia con l'azienda Mapsat telerilevamento euromediterraneo, con riferimento alla tesi di Dottorato innovativo a caratterizzazione industriale dal titolo: "Tecnologie abilitanti e progettazione ambientale per l'adattamento climatico. Telerilevamento, modellazioni e simulazioni multiscalari per città *smart* e sostenibili." L'articolo, in particolare, si concentra sull'elaborazione della carta di esposizione per la città di Napoli nell'ambito della più ampia proposta del modello *Coast-RiskBySea* [Clemente et al. 2022].

Il modello *Coast-RiskBySea*: COASTal zones RISK assessment for Built environment bY extreme SEA level si pone l'obiettivo di valutare gli impatti delle inondazioni costiere per eventi di ESL (*Extreme Sea Level*), o livello estremo del mare, sull'ambiente costruito alla scala

locale. Considerare eventi di ESL consente di valutare l'azione congiunta di *hazard* improvvisi, come le mareggiate, ed *hazard* graduali, come l'innalzamento del livello mare. Il rischio, *land use-based*, è elaborato in ambiente GIS seguendo il *framework* concettuale dei *report* IPCC AR5 e AR6 e, quindi, in funzione di *hazard*, vulnerabilità ed esposizione [IPCC 2014; 2022]. Per *hazard* sono considerati gli eventi di ESL, per vulnerabilità l'elevazione altimetrica media ricavata a partire dal rilievo DTM, infine, per esposizione il *land use* ricavato dal *database Copernicus Coastal Zones* 2018 (Fig. 1).

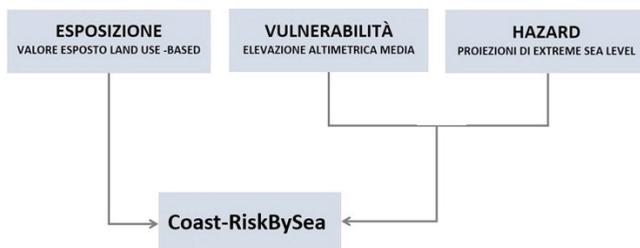


Figura 1. *Framework* concettuale del modello *Coast-RiskBySea* derivato dai modelli di rischio dell’IPCC AR5 e AR6. Immagine elaborata a partire da [Clemente et al. 2021; 2022]

Il modello *Coast-RiskBySea* si caratterizza per il *downscaling* delle analisi di rischio alla scala locale e per la replicabilità delle analisi su tutti i territori costieri dell’Unione Europea grazie all’utilizzo dei dati *open source* e da telerilevamento. Le elaborazioni presentate si concentra sull’analisi dell’indicatore di esposizione valutata in funzione del valore economico esposto (Fig. 2).

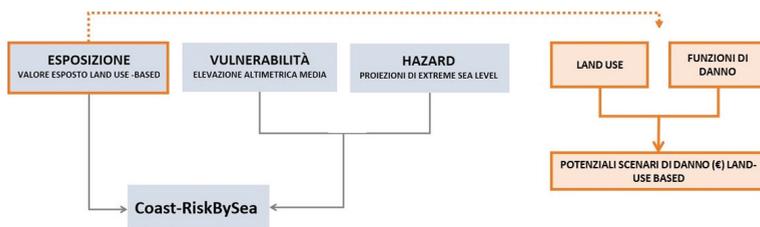


Figura 2. *Framework* concettuale, la valutazione del valore esposto nell’ambito del modello *Coast-RiskBySea*.

L'esposizione è calcolata in funzione del valore esposto parametrizzato secondo i potenziali danni economici, diretti e tangibili, ai fenomeni di inondazione costiera. I potenziali scenari di danno sono calcolati a partire dal *land use* ricavato dal *database Copernicus Coastal Zones 2018* (sezione 2) e dalle funzioni di danno elaborate dal *Joint Research Centre* dell'Unione Europea (sezione 3). Per evidenziare il processo operativo sarà operata una simulazione sul caso applicativo della città di Napoli (sezione 4).

2 Il *land use* Copernicus

Nell'ambito degli indicatori maggiormente utilizzati in relazione alla valutazione dei rischi climatici, l'indicatore di LCLU (*Land Cover/Land Use*), in italiano copertura/uso del suolo, rappresenta un dato fondamentale. Il LCLU può essere ricavato a partire dalla classificazione e/o interpretazione di immagini in formato *raster* di origine telerilevata o a partire da *database, online e open source*, che forniscono dati già processati come nel caso del servizio europeo Copernicus. Il servizio europeo Copernicus è, infatti, coordinato e gestito dalla Commissione Europea allo scopo di raccogliere e fornire agli utenti molteplici informazioni elaborate a partire da dati di origine telerilevata per fornire supporto decisionale a molteplici livelli. Le informazioni disponibili online e open source sul portale Copernicus sono strutturate in sei aree tematiche: CLMS (*territorio*), CMEMS (*ambiente marino*), CAMS (atmosfera), CCS (*cambiamenti climatici*), EMS (emergenze) e SS (sicurezza). In particolare, il servizio CLMS (*Copernicus Land Monitoring Service*) è stato lanciato nel 2012 allo scopo di fornire molteplici informazioni già processate, caratterizzate da risoluzione spaziale differenziate e da focus su temi specifici, sull'uso e sulle caratteristiche del suolo. Nell'ambito dei *database* del CLMS si evidenziano CORINE Land Cover, Urban Atlas, Natura 2000 e il più recente Coastal Zones, quest'ultimo, per le analisi dell'ambiente urbano-costiero costituisce uno strumento strategico e innovativo per l'omogeneità e la disponibilità dei dati su scala spaziale europea. In figura si riporta un'immagine dell'interfaccia del *database Copernicus Coastal Zones 2018* focalizzata sulla città di Napoli (Fig. 3).

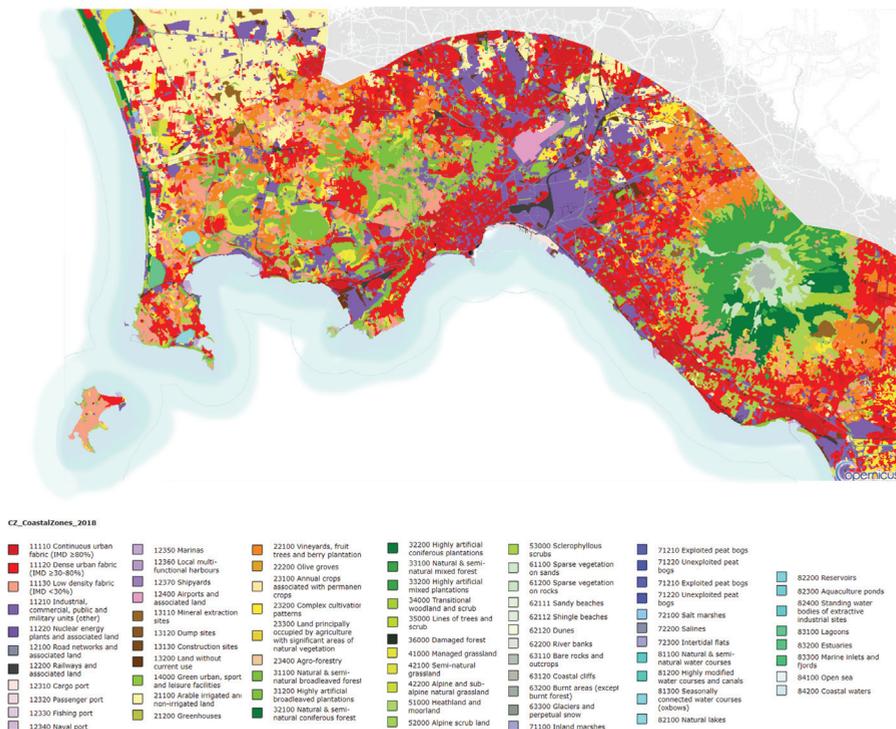


Figura 3. Database Copernicus Coastal Zones 2018, immagine elaborata a partire da: <https://land.copernicus.eu/local/coastal-zones/coastal-zones-2018>.

La *database* Copernicus Coastal Zones identifica 71 classi di LC/LU per una fascia continua, caratterizzata da uno spessore pari a 10 km, su tutti i territori costieri e insulari dell'Unione Europea. Le immagini di riferimento telerilevate sono del 2018 e la scala varia tra 1:5.000 e 1:10.000, prevalentemente per le aree agricole e verdi, mentre la risoluzione spaziale minima è 10m (CZ LC/LU 2018).

Parallelamente, per i dati di *land use* il *database* CORINE Land Cover fornisce una mappatura omogenea e continua LC/LU per tutti i territori europei ma caratterizzata da scale di riferimento più ampie, mentre Natura 2000 si concentra sulle aree naturali e Urban Atlas sulle sole aree urbane.

3 Le funzioni di danno per l'analisi dei potenziali danni diretti e tangibili

Nell'analisi dei rischi climatici, e in particolare nell'analisi degli impatti connessi ai fenomeni di inondazioni costiere o pluviali, la valutazione dei danni economici sull'ambiente costruito rappresenta un aspetto fondamentale per il supporto ai processi decisionali.

I danni delle inondazioni possono essere distinti in diretti e indiretti caratterizzandosi per differenti variabili spaziali e temporali; i primi sono di tipo istantaneo e derivano dall'interazione tra l'acqua e gli elementi esposti, mentre i secondi possono oltrepassare i confini spaziali e temporali dell'area interessata dall'evento.

Sia i danni diretti che i danni indiretti possono essere tangibili, quando quantificabili monetariamente, o intangibili, se non direttamente quantificabili in termini economici [Habermann, Hedel 2018].

In tabella si riporta una sintesi delle differenti tipologie (Tab. 1).

DANNI	TANGIBILI	INTANGIBILI
DIRETTI	Danni che derivano dall'interazione diretta tra l' <i>hazard</i> e gli elementi esposti e che sono quantificabili monetariamente, come i danni strutturali (fisici) alle infrastrutture	Danni che derivano dall'interazione diretta tra l' <i>hazard</i> e gli elementi esposti ma che non sono quantificabili monetariamente, come i danni alla sicurezza e/o al benessere umano o i danni al patrimonio costruito di valore storico-culturale
INDIRETTI	Danni che non derivano direttamente dall'interazione tra l' <i>hazard</i> e gli elementi esposti ma che possono essere, comunque, quantificati monetariamente, come i danni connessi all'interruzione o al rallentamento delle operazioni di trasporto	Danni che non sono direttamente quantificabili monetariamente e che non derivano direttamente dall'interazione tra l' <i>hazard</i> e gli elementi esposti, come i ritardi delle missioni di soccorso o i danni causati dall'interruzione e/o dal malfunzionamento delle infrastrutture primarie

Tabella 1. Tipologie di danno a confronto. Elaborazione a partire da [Habermann, Hedel 2018].

Nell'ambito della proposta del modello Coast-RiskBySea sono valutati i potenziali danni economici diretti e tangibili ai fenomeni di inondazione costiera. L'analisi dei danni diretti e tangibili sull'ambiente costruito è comunemente effettuata mediante le curve, o funzioni, di danno, funzioni che associano a determinate altezze d'acqua il danno economico corrispondente (*depht-damage*). Anche per i danni indiretti e tangibili è possibile quantificare economicamente i danni attraverso specifiche funzioni, che valutano, ad esempio, i danni dovuti all'interruzione delle attività commerciali e/o industriali.

Le funzioni di danno sono relazioni matematiche che associano l'intensità delle inondazioni ai potenziali danni economici causati sui sistemi esposti, consentendo di trasformare, quindi, l'esposizione, in termini di *land use*, in valore economico esposto, quantificabile monetariamente. Nell'ambito della letteratura scientifica di riferimento, sono disponibili molteplici funzioni di danno, *online* e *open source*, sia *site-specific* che caratterizzate scale di riferimento spaziali più ampie.

Tra queste, nell'ambito delle banche dati del JRC (*Joint Research Centre*) dell'Unione Europea si evidenziano le “*global depht-damage function*” disponibili con copertura spaziale omogenea a livello europeo e differenziate per sei classi di *land use*: residenziale, commerciale, industriale, trasporto stradale e ferroviario, infrastrutturale e agricolo [Huizinga et al. 2017].

Le funzioni proposte dal JRC permettono di calcolare, in base alla potenziale altezza dell'acqua, espressa in metri, il massimo danno possibile in euro. Il calcolo è parametrizzato in funzione del *land use* a cui sono associati dei coefficienti (che dipendono dal potenziale livello dell'acqua) e il danno economico massimo (€/m²) stimato su scala nazionale.

Le curve sono differenziate in sei classi di *land use*, operando, quindi, una semplificazione del territorio che identifica aree ad uso: residenziale, commerciale, industriale, trasporto stradale e ferroviario, infrastrutturale e agricolo. In particolare, per il *land use* residenziale, commerciale ed industriale le funzioni sono disponibili *building-based*, *land use-based* o *object-based*, permettendo una maggiore accuratezza delle simulazioni; le funzioni *building-based* si differenziano ulteriormente in danni alla struttura, contenuto e/o totali [Huizinga et al. 2017].

Si riporta un esempio delle funzioni di danno disponibili per un *land use* di carattere residenziale (Fig. 4).

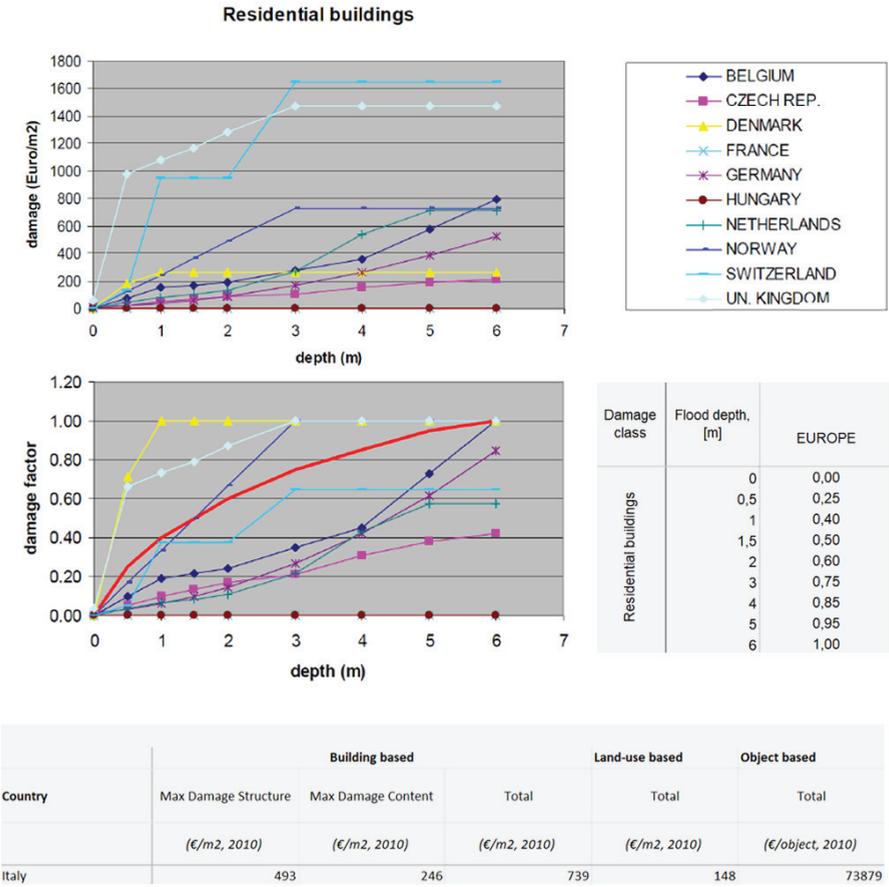


Figura 4. Funzioni di danno per *land use* residenziale. Immagine elaborata a partire da: [Huizinga et al. 2017].

Parallelamente, le funzioni di danno per le infrastrutture e i sistemi di trasporto permettono di calcolare i danni economici in funzione del massimo danno possibile stimato per continente e ricampionati a scala nazionale attraverso la valutazione del PIL locale. Infine, per le aree a destinazione d'uso agricolo il danno massimo è fornito per €/ha² [Huizinga et al. 2017]. In ambiente GIS, è possibile combinare i dati di *land use* e le funzioni di danno ai fini del calcolo del valore esposto.

4 Caso applicativo: la valutazione dei potenziali danni sulla città di Napoli

Come anticipato, nell'ambito della più ampia proposta del modello *Coast-RiskBySea*, ai fini dimostrativi è operata una simulazione per il calcolo del valore esposto ai fenomeni di inondazione per eventi di ESL nell'area costiera della città di Napoli utilizzando il *land use* Copernicus Coastal Zones e le *global depth-damage functions* del JRC.

Caratteristiche e aspetti chiave del modello sono la replicabilità, sul piano spaziale, delle analisi a scala europea, pertanto, tutti i dati utilizzati sono open source e si caratterizzano per l'omogeneità e la copertura spaziale a livello europeo.

Il modello *Coast-RiskBySea* si caratterizza per una semplificazione del territorio operata, in ambiente GIS, a partire da un reticolo di riferimento omogeneo caratterizzato da celle esagonali regolari.

I sistemi DGGS (*Discrete Global Grid System*), sistemi di riferimento grigliati caratterizzati da forme regolari, omogenee e georeferenziate permettono una migliore gestione dei dati su cui vengono caricate tutte le informazioni al fine di svolgere operazioni più o meno complesse.

Ogni unità territoriale, detta cella, è georeferenzata in modo da compiere tutte le operazioni [Purss et al. 2019].

Nell'ambito della sperimentazione condotta sul caso studio di Napoli ogni cella esagonale si caratterizza per un apotema pari a $15m$ ed estensione superficiale di circa $779.5m^2$. Tale dimensione consente il supporto alla scala locale, ogni cella è un'unità territoriale minima e omogenea su cui vengono caricate, elaborate e processate tutte le informazioni.

La valutazione dell'esposizione e, quindi, dei potenziali danni economici è, pertanto, costruita a partire dalla semplificazione del territorio mediante la creazione di un reticolo di *land use*.

Mediante il comando “unisci attributi per posizione” ad ogni cella esagonale del reticolo di riferimento è, quindi, assegnata la classe di *land use* (Copernicus).

In figura è presentata l'elaborazione della carta di *land use* sul caso studio di Napoli (Fig. 5).

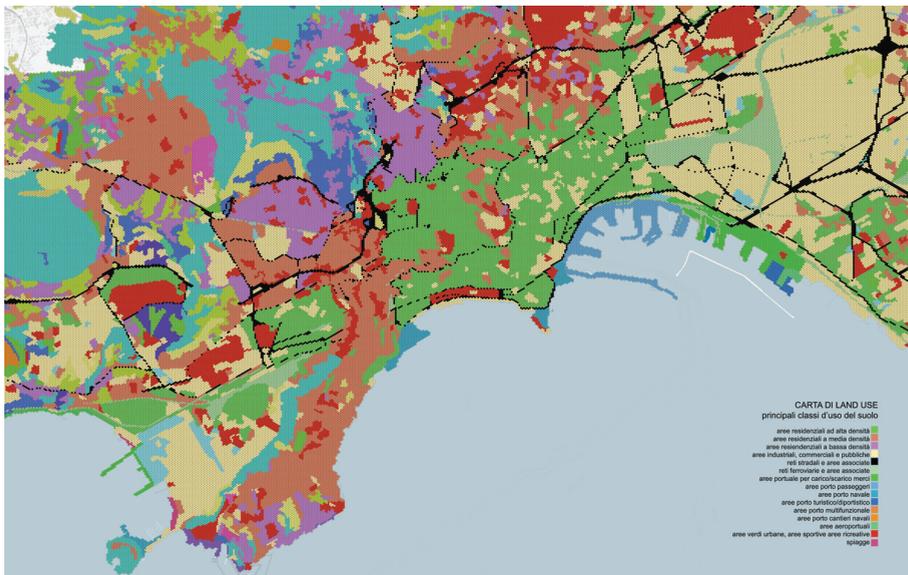


Figura 5. Carta di *land use* per la città di Napoli. Immagine elaborata a partire da [Clemente et al. 2022].

Per ogni cella sono poi creati otto nuovi campi in funzione delle altezze d'acqua individuate nelle funzioni di danno del JRC: (+ 0,50 m; +1,00 m, +1,50m; + 2,00; + 3,00; + 4,00; + 5,00; + 6,00). Su ogni campo il valore esposto è costruito mediante un'equazione che associa il *land use* (Copernicus), l'area delle celle, l'indice normalizzato e il potenziale danno massimo espresso in €/m² per i fenomeni di inondazione. Sia l'indice normalizzato che il danno massimo in euro sono derivati dalle funzioni di danno elaborate dal *Joint Research Centre* e, come anticipato, sono differenziati per le sei classi di *land use* (residenziale, commerciale, industriale, trasporto stradale e ferroviario, infrastrutturale e agricolo). Per associare i dati di *land use* e le funzioni di danno, la nomenclatura Copernicus è associata alla nomenclatura delle JRC.

Per ogni cella sono quindi stimati otto potenziali danni economici in funzione di otto potenziali altezze d'acqua.

I valori sono classificati manualmente secondo gli intervalli individuati in tabella individuato cinque classi di valore esposto:

- molto basso
- basso
- medio
- alto e molto alto (Tab. 2).

Legenda	Intervalli economici (€)
	2.000 € - 5.000 €
	5.000 € - 30.000 €
	30.000 € - 100.000 €
	100.000 € - 180.000 €
	100.000 € - 180.000 €

Tabella 2. Intervalli economici per la classificazione del valore esposto.

In Figura 6 si riporta la carta del valore esposto per il caso studio di Napoli simulando un'altezza d'acqua pari a 3,00 m.

Questa prima valutazione non considera la reale elevazione altimetrica delle celle, intesa come vulnerabilità. Per valutare i potenziali reali danni economici e valutare il rischio sarà necessario considerare anche vulnerabilità e *hazard*.

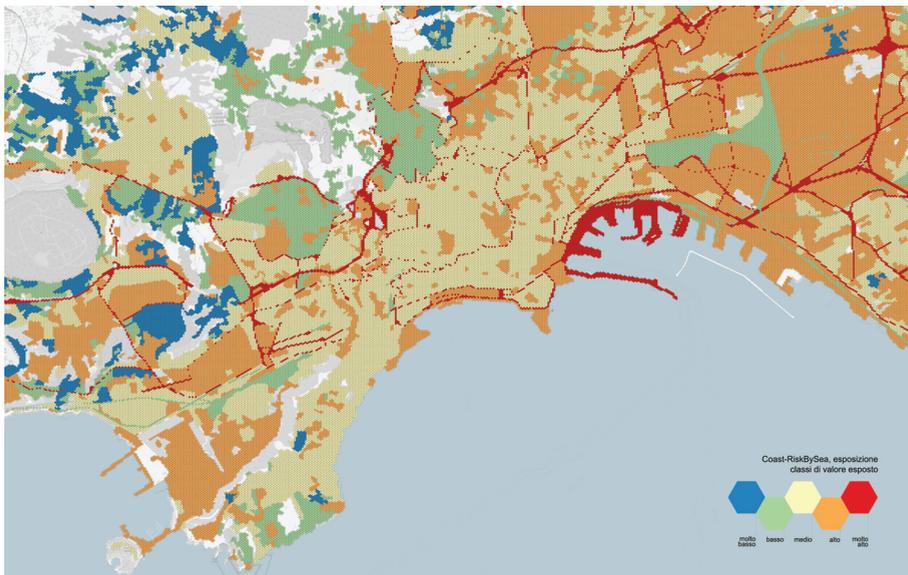


Figura 6. Carta del valore esposto per un'altezza d'acqua pari a 3,00 m per la città di Napoli.

L'applicazione del modello Coast-RiskBySea sulla città di Napoli evidenzia che, sul piano economico, le aree che si caratterizzano per valori di esposizione alti (100.000 € - 180.000 € per circa 780 m²) e molto alti (180.000 € - 250.000 € per circa 780 m²) sono le aree del porto destinate ai passeggeri, le reti stradali e le reti ferroviarie con aree associate, le aree portuali destinate al carico/scarico merci e alla cantieristica navale, le aree industriali, commerciali e pubbliche e, infine, le aree portuali di carattere turistico/diportistico.

Parallelamente si evidenziano anche i limiti dell'approccio che si concentra sulla valutazione dei soli potenziali danni economici diretti e tangibili senza considerare le aree non urbanizzate. Le funzioni di danno del JRC non considerano, infatti, né l'ambiente naturale né il valore intangibile dei potenziali danni sul piano ambientale e sociale. Tale approccio risulta, pertanto, particolarmente efficace nelle aree urbanizzate mentre l'applicazione in territori meno urbanizzati potrebbe provocare alcune criticità.

Una volta calcolato il valore esposto, come anticipato, sarà necessario integrare il parametro di vulnerabilità, espressa in funzione dell'elevazione altimetrica media delle celle rispetto al livello del mare [Clemente et al. 2021], per calcolare, valutando anche il parametro di *hazard*, i potenziali danni economici secondo gli scenari attesi di ESL mediante una modellazione statica del fenomeno delle inondazioni.

5 Conclusioni

Nell'epoca della transizione ecologica e digitale, gli scenari della cultura digitale e dell'Industria 4.0 promuovono innovazioni nel campo dei processi progettuali e, in questo contesto, il *design resilient-based* si caratterizza per la capacità di trovare il connubio tra l'innovazione tecnologia, la governance delle risorse e le strategie di sviluppo sostenibile e smart [Losasso 2018].

La complessità che caratterizza il binomio clima-ambiente richiede di orientare i processi progettuali attraverso strumenti di supporto ai processi decisionali. In ambito costiero, soprattutto nel contesto degli insediamenti urbani euro-mediterranei, la valutazione dei rischi in relazione ai fenomeni di inondazione costiera costituisce un aspetto fondamentale e urgente per il management urbano. Le proiezioni climatiche diffuse nell'ultimo report IPCC dimostrano, infatti, come questi territori saranno sempre più vulnerabili per i crescenti impatti dei cambiamenti climatici.

Il contributo si focalizza sull'analisi del valore esposto nell'ambito della più ampia proposta del modello innovativo *Coast-RiskBySea* per la valutazione dei rischi derivanti dai fenomeni di ESL sull'ambiente costruito. Le modellazioni condotte sulla città di Napoli, per l'analisi del valore esposto, evidenziano le potenzialità offerte dall'utilizzo di dati open source e da telerilevamento all'interno di strumenti GIS.

A partire dall'analisi del valore esposto sul caso studio di Napoli, sono già state condotte ulteriori sperimentazioni ai fini della valutazione dei rischi [Clemente et al. 2022], tuttavia sono necessari nuovi approfondimenti per l'implementazione del modello ai fini della valutazione dei danni anche per gli ambienti a carattere più naturale e per la valutazione dei danni intangibili.

Dati

Tutti i dati sono online e in formato open source, in particolare i dati Land Cover/Land Use 2018 Copernicus Coastal Zones sono disponibili al link <https://land.copernicus.eu/local/coastal-zones/coastal-zones-2018> mentre le funzioni di danno Global depth-damage functions del Joint Research Centre al link <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC105688>. OpenStreetMap® è stato usato per la mappa di base, mentre per la modellazione è stato usato il software QGIS in versione 3.16.

Bibliografia

CLEMENTE M.F., D'AMBROSIO V., FOCARETA M. 2021. *Processi GIS-Based finalizzati alla classificazione della vulnerabilità dell'ambiente urbano-costiero*. In: Di Martino F., Cardone B. (a cura di), "GIS Day 2020. Il GIS per il governo e la gestione del territorio". ISBN 979-12-5994-546-4, DOI 10.53136/97912599454646, pp. 103–120, Aracne editrice, Roma.

CLEMENTE M.F., D'AMBROSIO V. & FOCARETA M. 2022. *The proposal of the Coast-RiskBySea: COASTal zones RISK assessment for Built environment bY extreme SEA level, based on the new Copernicus Coastal Zones data*. International Journal of Disaster Risk Reduction, vol. 75, 102947.

Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102947>.

CRAMER W. ET AL. 2018. *Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean*. In: Nature Climate Change, vol. 8, pp. 972–980.

Available online: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>.

CZ LC/LU 2018. *Copernicus Coastal Zones Land Cover/Land Use 2018*. Available online: <https://land.copernicus.eu/local/coastal-zones/coastal-zones-2018>.

D'AMBROSIO V. 2018. *Vulnerabilità climatica, scenari di impatto e strategie di adattamento per la città resiliente*. In: TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment, vol. 15, pp. 246–256.

Available online: <https://doi.org/10.13128/Techne-22097>.

DI MARTINO F., SESSA S. 2016. *Processi di analisi spaziale per la gestione della conoscenza/Spatial analysis processes to manage the knowledge*. In: D'Ambrosio, V., Leone, M. F. (eds) (2016), "Progettazione