

Rapid mapping per l'analisi e la gestione del rischio radiologico generato da sorgenti

orfane Romeo Gallo (****), Paolo De Angelis (*****), Nicola Gallo (*****), Andrea Malizia (*), Andrea Fiduccia (**), Fabrizio D'Amico (*), Roberto Fiorito (**), Antonio Gucciardino (*), Maria Richetta (*), Carlo Bellecci (*) e Pasquale Gaudio (*) (*) Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Rome "Tor Vergata", Via del Politecnico 1, 00133 Roma Italy, malizia@ing.uniroma2.it (**) Intergraph Italia LLC, Via Sante Bargellini 4, 00157 Roma Italy, andrea.fiduccia@intergraph.com (***) Department of Surgery, Faculty of Medicine and Surgery, University of Rome "Tor Vergata", Italy, fiorito@med.uniroma2.it (****) Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Matera, Via Giuseppe Giglio 3, 75100 (MT), romeo.gallo@vigilfuoco.it (*****) Software Developer, www.nicola.gallo.name (*****) Direzione dei Servizi di Sicurezza e Protezione Civile, Corpo dei Vigili del Fuoco, 00120 Stato Città del Vaticano, pdeangelis@vigilidelfuoco.va

Riassunto Si definiscono "sorgenti orfane" quelle sorgenti radioattive che, nonostante i rigorosi inventari fisici e contabili previsti dalle normative nazionali ed internazionali, non risultano nelle registrazioni contabili e quindi di esse si è persa traccia. Le Sorgenti Orfane sono un rilevante pericolo potenziale per la popolazione e per l'industria. Infatti se esse non sono riconosciute come sorgenti radioattive possono essere accidentalmente trattate come rottami metallici da riciclare presso le fonderie. Le cronache purtroppo riportano numerosi incidenti di questo tipo. Il presente lavoro affronta la problematica dell'analisi delle sorgenti orfane ed in particolare affronta le problematiche di radioprotezione nel caso di ritrovamento e relativamente ai diversi aspetti della sicurezza ed in particolare: • la sicurezza degli operatori; • la sicurezza della popolazione esposta; • l'individuazione delle aree di attenzione radiologica. Particolare attenzione viene dedicata ai requirements in termini di modello teorico e di strumenti di supporto alle decisioni degli operatori preposti alla messa in sicurezza della sorgente. La ricerca ha: • definito il modello concettuale di uno Spatial Decision Support System orientato alla problematica del rischio radiologico individuando i requisiti sia della componente "mobile" che di quella di supporto ad una Sala Operativa; • sviluppato il prototipo del software per il terminale per gli operatori sul campo che consente tramite accesso al web di effettuare la georeferenziazione speditiva della posizione della sorgente e dell'intensità di dose misurata ad una certa distanza dalla sorgente su cartografia disponibile in rete; • sviluppato il prototipo delle componenti da Sala Operativa secondo il paradigma SOA (Service Oriented Architecture) che consente la fruibilità mediante web services OGC delle elaborazioni dell'SDSS all'interno della piattaforma Intergraph I2RMS.

712 Atti 16a Conferenza Nazionale ASITA - Fiera di Vicenza 6-9 novembre 2012 Nel paper, dopo aver definito le sorgenti orfane, si presentano alcuni ritrovamenti, si esaminano i parametri radiometrici fondamentali, si descrive l'architettura di sistema software e si presentano i primi risultati ottenuti con il prototipo sviluppato. **Abstract** In this paper the aspects and analysis of "orphan" radiological sources are reported. In particular the protection problems in case of finding and securing the radiological sources are analyzed with attention to the following aspects: • Operators safety and security; • Exposed population safety and security; • The identification of dangerous areas to the managing and timing of rescue operations. These points are also the main problems to be met by the persons in charge to decide on securing of the radiological source. In order to geo-referencing radiological risks data a customized software has been developed and it is described in this paper. In this paper, after defining what does it means the term "orphan radiological source" and its characteristics, the authors examine the fundamental radiometric parameters. These parameters have been integrated in a customized software that needs as input boundary conditions the dose rate measured at a certain distance from the source and a hardware access to the web and allows to perform a geo-referencing of radiological risks on maps available in the network. A particular attention has been dedicated to the theoretical model and support tools for decision chosen for the operators responsible for the securing of the radiological source. This research allows • To define the conceptual model of a Spatial Decision Support System (SDSS) oriented to the problem of radiation hazard identifying the requirements of both the component "mobile" than to support a Control Room; • To developed the prototype of the software for terminal operators in the field that allows access via the web to make geo-referencing expeditious source location and dose rate measured at a certain distance from the source of maps available online; • To developed the prototype of the Operating Room components according to the paradigm SOA (Service Oriented Architecture), which allows usability through OGC web services within the platform of processing of SDSS Intergraph I2RMS. In the paper the fundamental radiometric parameters and the main protective measures are presented and then the architecture of the software system is described with a detailed analysis of the first results obtained with the software prototype developed in order to demonstrate that this tool allows the management of the radiological emergency by operators and in particular by decision makers simplifying the management of the safety and security operations. **Le sorgenti radioattive e gli incidenti relativi alle sorgenti "orfane"** Le sorgenti radioattive sono usate in tutto il mondo per numerose applicazioni, in particolare nell'industria, nella medicina e nella ricerca. I rischi collegati a tale utilizzo variano considerevolmente in funzione delle loro caratteristiche: attività, radionuclidi contenuti, modo di fabbricazione e altro (IAEA-TECDOC-1388, 2004). In caso di utilizzo convenzionale i rischi associati sono normalmente ben noti e le relative attività sono generalmente normate. Diverse sono, ovviamente, le problematiche concernenti sorgenti, cosiddette "orfane", che, per vari motivi, non sono sotto controllo. Tali sorgenti potrebbero essere ritrovate da persone (lavoratori o cittadini) ignare della loro natura e dei possibili rischi, che possono consistere anche in gravi lesioni da radiazioni che possono addirittura avere esito fatale. Le sorgenti sigillate possono inoltre presentare particolari rischi a causa delle ridotte dimensioni, spesso inferiori a quelle di una penna, che non ne permettono una facile individuazione. Piuttosto frequente è il caso di sorgenti che, contenute in involucri di metallo, sono state raccolte da

713 Atti 16a Conferenza Nazionale ASITA - Fiera di Vicenza 6-9 novembre 2012 rottamatori e portate in impianti siderurgici dove, a volte, sono state fuse con conseguenti problemi di contaminazione. Le conseguenze sanitarie ed economiche di eventuali incidenti in cui siano coinvolte sorgenti di radiazioni non adeguatamente controllate possono essere particolarmente

gravi. La relazione predisposta nel 1993 dal Comitato scientifico delle Nazioni Unite sugli effetti delle radiazioni atomiche (UNSCEAR) e altre pubblicazioni più recenti riferiscono di numerosi incidenti indicativi. Secondo lo studio della Commissione Europea nell'UE ogni anno una settantina di sorgenti sfuggono ai controlli delle autorità. Le principali grandezze dosimetriche Le principali grandezze radiologiche, e in particolare quelle utili per il presente lavoro, sono comunemente distinte in: - Grandezze di sorgente: Attività, Costante gamma; - Grandezze di campo: Esposizione, Kerma; - Grandezze di dose: Dose assorbita; Dose Equivalente; Dose Efficace. Tra queste grandezze vi è una diretta relazione, per cui dalla conoscenza di alcuni dati è possibile ricavarne altri: Sorgente \propto Campo \propto Dose E' disponibile strumentazione idonea per rilevare la presenza di radiazioni, per compiere misurazioni di campo, di dose, e, se non noto, per individuare il tipo di radionuclide (Cazzoli S., Rossi E. et al., 2001). Nel caso di intervento con presenza di sorgente orfana, verosimilmente si ha a che fare con una sorgente con caratteristiche non note. L'esposizione esterna di un operatore può essere limitata osservando le seguenti regole: • riducendo il tempo di irradiazione; • aumentando la distanza dalla sorgente della radiazione ionizzante; • impiegando uno schermo che riduca sensibilmente l'intensità del fascio di radiazioni. Procedure di intervento con sorgente radioattiva sigillata In un intervento con presenza di sorgente radioattiva sigillata, nell'immediato vi è l'esigenza di delimitare un'area oltre la quale deve essere tenuta la popolazione. Tale area deve avere dimensioni non inferiori a quelle della cosiddetta "zona di attenzione", così da garantire che al suo esterno non sia superato il valore limite di legge di 1 mSv di dose efficace. La zona di attenzione è quella per cui con una permanenza al suo confine per un tempo pari al tempo d'intervento si assume una dose efficace di 1 mSv. La determinazione dell'ampiezza della zona di attenzione può essere compiuta analiticamente con i dati della sorgente, se noti, o a seguito di misure d'intensità di campo o di dose. Nel secondo caso, con la conoscenza del valore dell'intensità di dose e della relativa distanza s'individua in modo univoco la curva intensità-distanza e pertanto è possibile pianificare l'intervento. E' consigliabile eseguire più calcoli con più misurazioni a varie distanze per "ammortizzare" errori di misura. La formula di riferimento è la [2] per la cui derivazione rimandiamo a Malizia et al. 2012:
$$dI/dx = I \cdot \mu = [2] I \cdot \mu$$
 dove I è il valore di intensità di dose efficace misurata alla distanza d_1 e d_2 dose efficace alla distanza generica d_2 . Da questa formula, fissando i valori di intensità di dose efficace di progetto per l'intervento è possibile ricavare le relative distanze, in particolare l'ampiezza della zona d'attenzione.

714 Atti 16a Conferenza Nazionale ASITA - Fiera di Vicenza 6-9 novembre 2012 "Accelerating Smarter Decisions": le tecnologie geospaziali per aumentare la sicurezza nelle operazioni di salvataggio Dall'analisi effettuata emerge chiaramente che il compito primario del soccorritore è di tutelare la popolazione dai rischi, derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti e quindi delimitare con prontezza la cosiddetta area di attenzione (operando nella maggiore sicurezza per se stesso) (Malizia et al., 2012). E' possibile individuare, in maniera analitica, le dimensioni di tale area con celerità, ed eseguire calcoli sulle dosi assumibili da chi permane nell'area irradiata. Uno dei problemi che si possono porre nell'immediato è quello dell'eventuale evacuazione di edifici o la chiusura di strade interessate dall'irraggiamento. Si hanno quindi due necessità: individuare sul posto l'area effettivamente interessata e valutare la possibilità di spostare la sorgente di una distanza sufficiente ad evitare almeno l'evacuazione di edifici particolari, quali ad esempio strutture ospedaliere o permettere la riapertura di vie di comunicazione importanti. Tale compito si ritiene possa essere facilitato da una georeferenziazione dei risultati di calcolo. Per questa ragione gli autori hanno realizzato un applicativo software, GREAT - Georeferenced Radiological Evaluation & Analysis Tool, interfacciato con le soluzioni Intergraph Geospatial per il caso di sorgente sconosciuta applicando le formule in precedenza illustrate, assumendo come ipotesi semplificativa che la sorgente sia puntiforme. Nella prima schermata del programma GREAT, "Calcoli", possono essere digitati i valori dell'intensità misurata in $\mu\text{Sv/h}$, della distanza alla quale è stata eseguita la misurazione e del tempo stimato di intervento. L'inserimento di tale condizioni a contorno fa sì che il software possa calcolare i valori dell'ampiezza dell'area di attenzione per la popolazione, della distanza d'intervento e la distanza d'intervento per squadre speciali, e la distanza di attenzione per la popolazione nell'ipotesi di non rimozione (almeno in tempi brevi) della sorgente, convenzionalmente individuata per tempo di permanenza di 365 giorni. Si passa, quindi, alla seconda schermata (Figura 1a), che sfrutta la cartografia on line di Microsoft Bing Maps. La visualizzazione delle varie aree di attenzione si può avere dopo aver individuato sulla mappa il punto in cui è ritrovata la sorgente oppure inserendo le coordinate di latitudine e longitudine. Il software genera immediatamente una mappa dell'area di evacuazione. Sono visibili quattro aree individuate da quattro circonferenze. La più grande rappresenta l'area di attenzione per la popolazione nell'ipotesi di non rimozione, poi vi sono l'area di attenzione per uno stabilito tempo di intervento e le aree di attenzione per le squadre di intervento ordinarie e speciali. Il codice sviluppato è un'applicazione web implementata nel framework Microsoft Silverlight in C# (C sharp). Per quanto riguarda la cartografia, è stato usato il controllo Microsoft Silverlight per Bing Map. Figura 1a. GREAT Georeferenced Radiological Evaluation & Analysis Tool. Figura 1b. Intergraph I2RMS. GREAT è stato interfacciato con le soluzioni geospaziali della Intergraph Corp. per i Centri Operativi di Emergenza (Emergency Operations Centers-EOC) che sono addetti a coordinare diversi enti di risposta preposti agli interventi in caso di disastro o emergenza. Un EOC è dotato di un elevato numero di funzioni per la gestione della crisi ma anche per le operazioni di intervento routinarie consentendo un valido supporto anche a test e prove (Cassani et al., 2010). Tra le 715 Atti 16a Conferenza Nazionale ASITA - Fiera di Vicenza 6-9 novembre 2012 soluzioni Intergraph per gli EOC si è scelto di testare il tool di Incident Command: I2RMS (Incident & Resource Management System). Questo tool (Figura 1b), cuore di un EOC, è un sistema dotato di interfacce web che consente di visualizzare e gestire risorse in caso di emergenza. Il sistema I2RMS integra diverse componenti chiave tra le quali comunicazione wireless, Mappa Collaborativa e tools per il tracking real-time della posizione degli asset. Ai fini della gestione delle emergenze territoriali è critico poter disporre rapidamente anche di output cartografici tradizionali da poter distribuire al personale sul campo. La soluzione Intergraph GeoMedia Rapid Map (Figura 2) consente di rispondere a tale requisito. Si tratta di un sistema client server basato su web services che consente di produrre, mediante un approccio basato su wizard – quindi gestibile da personale di sala operativa - cartografia secondo tagli e layout standard (ad es. quelli militari). Tutte queste caratteristiche, unite alla capacità di interfacciarsi con il sistema per la georeferenziazione dei dati radiologici, consentono di ottimizzare la gestione dell'emergenza. Figura 2. Intergraph GeoMedia Rapid Map Solution. Conclusioni Le sorgenti orfane costituiscono un potenziale pericolo per la popolazione. In

caso di loro rinvenimento è importante, per poter prendere le necessarie misure di radioprotezione, quali l'evacuazione o la chiusura delle zone adiacenti, individuare con celerità le aree interessate dal rischio radiologico. L'utilizzo di un software georeferenziato rende di più semplice attuazione tale compito. È infatti evidente come un simile strumento, fornendo una visione d'insieme dello scenario ed in particolare delle aree interessate, può facilitare ai soccorritori, muniti di un palmare con accesso al web, o dotati di cartografia tradizionale in caso di interventi di maggior estensione e durata, le valutazioni per l'intervento. Anche l'individuazione di una diversa area in cui collocare in sicurezza, temporaneamente, la sorgente, risulta relativamente semplice e con possibilità di immediata verifica tramite il software. Il programma può anche essere un utile ausilio per le ditte che si occupano di trasporto di sorgenti radioattive, con la possibilità di verificare, per il percorso previsto, le aree potenzialmente interessate a seguito di incidente con esposizione della sorgente. Il programma, infine, può essere potenziato con una maschera per il caso di sorgente nota, per la quale sia conosciuto oltre al tipo di radionuclide il valore dell'attività, nonché con l'inserimento di altri campi per la valutazione di ulteriori elementi quali i valori delle dosi assunte da chi staziona all'interno del campo di radiazioni.

Bibliografia Angus et al. (2000), Management and disposal of disused sealed radioactive sources in the European Union, EUR 1886, 2000 Cassani I., Fiduccia A., Malizia A., Mugavero R., Quarta A. M. (2010) Emergency Operation Center e protezione da eventi CBRN. Un Web-SDSS per le analisi di supporto alla gestione di 716 Atti 16a Conferenza Nazionale ASITA - Fiera di Vicenza 6-9 novembre 2012 incidente ad un reattore nucleare, paper presentato alla XIV Conferenza Nazionale ASITA, Brescia, 9-12 novembre 2010. Cazzoli S., Rossi E. et al. (2001). Guida alla stesura della relazione sulle esposizioni potenziali (art. 115-ter). Notiziario dell'Esperto Qualificato n. 60, pag. 39 IAEA TECDOC-1162 (2000). Generic procedures for Assessment and response during radiological Emergency IAEA-TECDOC-1388 (2004) - Strengthening control over radioactive sources in authorized use and regaining control over orphan sources ICRP Publication 72 (1996) Age – Dependent Doses to Members of the Public from Intake of radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients, Annals of ICRP Malizia A., Lupelli I., D'Amico F., Sassolini A., Fiduccia A., Quarta A. M., Fiorito R., Gucciardino A., Richetta M., Bellecci C. & Gaudio P. (2012) "Comparison of Software for Rescue Op Operation Planning During an Accident in a Nuclear Power Plant", Defence S&T Technical Bulletin, Bulletin Technical S&T Pertahanan, Vol.3, No.Bil. 1, Year 2012, ISSN 1985-6571, pag. 36-45 UNI 10897 (2001) - "Carichi di rottami metallici - Rilevazione di radionuclidi con X e gamma"