

CARE-S: un sistema di supporto alle decisioni per la riabilitazione delle reti drenanti urbane

// Sommario

In molte realtà europee i sistemi di drenaggio urbano appaiono caratterizzati da insufficiente capacità di trasporto, degrado dei componenti e difetti di costruzione, tali da provocare cedimenti strutturali, allagamenti ed inquinamento dei corpi idrici ricettori. Il progetto "Computer Aided Rehabilitation of Sewer and Stormwater Networks" (CARE-S), finanziato dalla U.E. nell'ambito del 5° Programma Quadro, si pone l'obiettivo di sviluppare una procedura che fornisca ai gestori un insieme completo di strumenti per il miglioramento della gestione delle reti e la scelta delle strategie ottimali di intervento e riabilitazione, nel rispetto del quadro normativo di riferimento per lo studio diagnostico dei sistemi fognari (UNI EN752-1-7:1998 e prEN13508-1-2:2001).

Gli strumenti inclusi nel sistema CARE-S consentono la valutazione dei "performance indicators" (PI), la previsione dei fenomeni di degrado strutturale, la modellazione dei fenomeni di insufficienza idraulica della rete, la scelta tra diverse tecnologie di riabilitazione, la valutazione degli effetti socio-economici ed ambientali del malfunzionamento delle reti, l'analisi dei costi e l'impostazione di un programma di riabilitazione. Le analisi idrauliche sono condotte adottando i sistemi di calcolo più diffusi sul mercato. Sono incluse nel sistema tutte quelle funzioni che garantiscono la gestione organizzativa, lo scambio di dati tra i diversi strumenti e la visualizzazione dei risultati delle analisi. In particolare, l'affidabilità delle reti di dre-

naggio urbano viene valutata analizzando il rischio di infiltrazione, di ostruzione e considerando problemi inerenti ai cedimenti strutturali, alle insufficienze idrauliche, ai costi di manutenzione e agli effetti sull'ambiente costruito. La metodologia, sviluppata all'interno di CARE-S, valuta sia lo stato attuale della rete sia la previsione delle sue possibili criticità nel tempo, fornendo risultati a livello di singolo condotto o di aree più ampie, in relazione allo specifico problema affrontato. La procedura sviluppata sarà resa disponibile come sistema di supporto decisionale in grado di visualizzare le conseguenze di ogni piano di riabilitazione prescelto.

// 1. Introduzione

Numerose città europee sono caratterizzate da sistemi drenanti con capacità insufficiente che si sono sviluppati nel tempo seguendo l'urbanizzazione del centro urbano. Ciò ha causato l'incremento delle portate che devono essere convogliate nella rete drenante sia in tempo secco che in tempo di pioggia. Parallelamente la rete drenante è soggetta ad un processo di invecchiamento che ne riduce la capacità di convogliamento conducendo a fenomeni di malfunzionamento. Complessivamente i Paesi dell'Unione Europea spendono annualmente circa cinque miliardi di Euro per la riabilitazione delle reti drenanti e di distribuzione idrica e questi valori tenderanno ad aumentare nei prossimi decenni a causa dell'invecchiamento delle reti stesse. I principali problemi che devono

Dr. Ing. Gabriele Freni¹,
Prof. Ing. Goffredo La Loggia²,
Prof. Ing. Vittorio Di Federico³,
Prof. Ing. Sante Mazzacane⁴
Rita Ungarelli⁵
Marco Maglionico⁶

(1) Assegnista di Ricerca – Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Applicazioni Ambientali, Università di Palermo, Viale delle Scienze 90128 – Palermo. E-mail freni@idra.unipa.it

(2) Prof. Ordinario di Gestione dei sistemi idraulici – Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Applicazioni Ambientali, Università di Palermo, Viale delle Scienze 90128 – Palermo. E-mail glal@idra.unipa.it

(3) Prof. Ordinario di Idraulica – D.I.S.T.A.R.T. – Idraulica, – Università di Bologna, Via Risorgimento 2, 40136 Bologna.

(4) Prof. Associato di Fisica tecnica ambientale – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara - Via Quartieri 8, 44100 Ferrara

(5) Dottoranda di ricerca – D.I.S.T.A.R.T. – Idraulica, via Risorgimento 2, 40136 Bologna, Italy

(6) Ricercatore – D.I.S.T.A.R.T. – Idraulica, via Risorgimento 2, 40136 Bologna, Italy

essere risolti dai gestori sono i seguenti (in tipico ordine di importanza):

- Prevenire gli allagamenti urbani al fine di ridurre i danni alle strutture pubbliche e private e disagi al traffico;
- Evitare collassi strutturali dei collettori che possono causare danni alle infrastrutture viarie ed agli altri sotto-servizi;
- Ridurre l'impatto inquinante degli scarichi sui corpi idrici superficiali;
- Evitare il sovraccarico degli impianti di trattamento a causa dell'infiltrazione di acque di falda nella rete drenante.



• Fig. 1 - Esempio di allagamento urbano che interessa alcune proprietà private



• Fig. 2 - Scarico incontrollato di acque di pioggia in un corpo idrico ricettore

// 2. Obiettivi del progetto

Il progetto CARE-S (2003-2005) ha il fine di studiare le problematiche che si verificano nelle reti drenanti unitarie e separate connesse con il loro invecchiamento, decadimento strutturale e, più in

generale, con la loro perdita di funzionalità e capacità di trasporto. Tali problematiche che si verificano comunemente durante la vita utile dei collettori fognari possono essere causa di allagamenti, inquinamento dei corpi idrici superficiali e profondi e malfunzionamenti dell'impianto di trattamento delle acque reflue. Al fine di eliminare o mitigare tali effetti si interviene con la manutenzione o la sostituzione della porzione di rete che ha perso la sua funzionalità con l'obiettivo di ricondurre le prestazioni della rete ad un livello ottimale.

L'obiettivo principale del progetto è lo sviluppo di un pacchetto di strumenti informatici che possano guidare il gestore verso il miglior piano di manutenzione della rete in termini di rapporto costi – benefici tenendo in considerazione gli impatti sociali, economici ed ambientali connessi con il cattivo funzionamento delle reti drenanti. In altre parole, il progetto ha il fine di “consigliare la riabilitazione del collettore fognario giusto, al momento giusto e con la tecnologia più efficace prima che si verifichi un disservizio (approccio preventivo)”.

Al momento, nell'ambito dei paesi europei, esistono, o sono in fase di sviluppo, diversi strumenti analitici capaci di valutare lo stato di una rete fognaria, la sua funzionalità e la necessità di effettuare un intervento di riabilitazione. Questi tuttavia non tengono in considerazione tutti gli aspetti connessi con il malfunzionamento di una rete drenante (impatti economici, ambientali e sociali) e sono applicabili unicamente alle realtà locali nelle quali sono stati sviluppati. Durante il primo anno di attività del progetto, gli strumenti infor-

matici disponibili in Europa sono stati testati ed analizzati per valutarne l'applicabilità a tutte le realtà europee, le potenzialità di sviluppo e le possibilità di integrazione nell'ambito del prototipo del Sistema di Supporto alla Decisione CARE-S. Tale sistema, alla fine dei tre anni del progetto integrerà i seguenti strumenti:

- Un elenco di Indicatori di Performance (PI) utili per definire la funzionalità delle reti drenanti nei diversi ambiti (idraulico, strutturale, ambientale, economico);
- Un pacchetto di strumenti analitici e statistici per valutare l'attuale livello di performance della rete e prevederne l'evoluzione nel tempo;
- Una procedura per valutare il rischio economico, sociale ed ambientale del malfunzionamento della rete drenante;
- Una procedura per selezionare le tecniche di riabilitazione più adatte al caso specifico e valutarne i costi;
- Un software prototipo (“Sewer rehabilitation manager”) che ha il ruolo di integrare i risultati delle analisi sopra indicate in termini di rapporto costi – benefici fornendo un piano di interventi da sviluppare nell'arco della vita utile della rete che possa essere aggiornato nel tempo sulla base dell'evoluzione reale del sistema.

Il prototipo completamente funzionante verrà reso disponibile sei mesi dopo il completamento del progetto (Settembre 2005). Il prototipo sarà accompagnato da un manuale per il supporto alla riabilitazione che oltre a fornire una guida all'utilizzo del software prototipo, fornirà informazioni tecniche sulle diverse fasi della

procedura CARE-S. Alla fine del progetto saranno organizzati convegni europei e workshop nazionali per consentire l'affinamento del prototipo ed iniziare l'applicazione su ampia scala.

Il progetto CARE-S può contare sul contributo scientifico di alcuni dei più avanzati centri di ricerca nell'ambito del drenaggio urbano e delle scienze ambientali. In consorzio CARE-S è composto dai seguenti enti di ricerca:

- SINTEF The Foundation of Scientific and Industrial Research (Norway)
- Norwegian University of Science and Technology (Norway)
- Brno University of Technology (Czech Republic)
- Cemagref (France)
- Dresden University of Technology (Germany)
- Aalborg University (Denmark)
- LNEC, National Laboratory of Civil Engineering (Portugal)
- WRc, Water Research centre (UK)
- Università di Bologna, (Italy)
- Università di Ferrara, (Italy)
- Università di Palermo, (Italy)
- CLABSA - Clavegueram de Barcelona (Spain)
- University of Budapest (Hungary)
- Engées, Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (France)
- CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Australia)

Il progetto è collegato a 17 aziende di gestione e municipalizzate (End-Users) che, attraverso le loro esperienze pratiche, forniscono un notevole contributo allo sviluppo del prototipo e ne verificheranno il funzionamento nella fase finale del progetto attraverso la predisposizione di alcuni casi di



• Fig. 3 - I partners del progetto CARE-S

studio. Le aziende partecipanti al progetto sono le seguenti:

- Aalborg Kommune, Kloakforsyningen - Alborg
- ACOSEA SpA, Ferrara
- AGAC, Reggio Emilia
- AMAP S.p.A., Palermo
- Baerum Kommune, Baerum
- Brnenske vodarny a kanalizace, Brno
- Budapest Municipal Sewerage Company Limited, Budapest
- CLABSA, Barcelona
- Communaute' urbaine de Nantes, Nantes
- Hunter Water Corporation, Newcastle West, Australia

- Oslo Kommune, Water and Wastewater Department - Oslo
- Servicos Municipalizados de Agua e Saneamento de Oeiras e Amadora, Oeiras
- Severn Trent Water Ltd, Birmingham
- Siauliu Vandenyys, Siauliai
- South East Water, Victoria - Australia
- Stadtentwässerung Dresden (SEDD), Dresden
- Trondheim Kommune, Trondheim

In figura 3 sono sintetizzati I partner di ricerca e gli End-Users del progetto.



3. Le attività e lo stato di avanzamento del progetto di ricerca

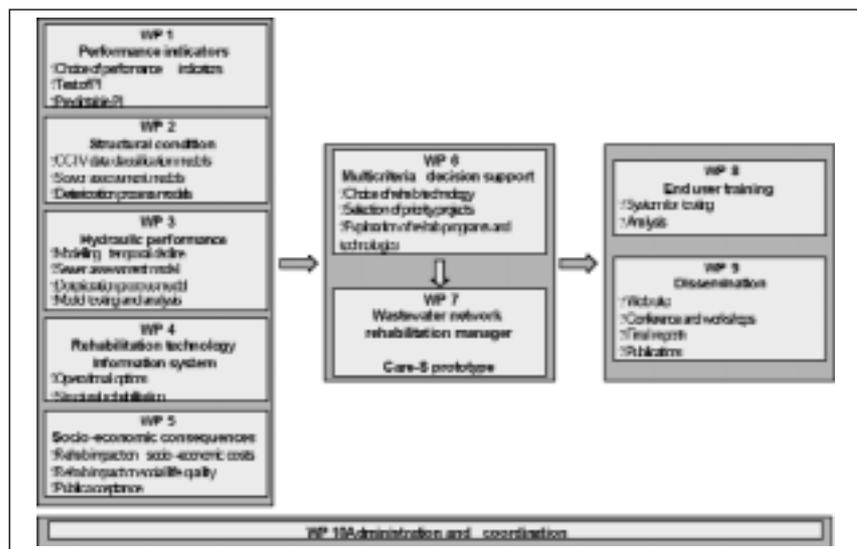
L'intero progetto è stato diviso in tre parti e 10 pacchetti di lavoro o "work-packages":

- Una prima **fase**, definita **scientifica**, contiene i work-packages (WP) da 1 a 5 e fornisce le basi teoriche sulle quali si fonda il progetto e le successive fasi;
- Una seconda **fase**, detta **metodologica**, comprende il WP6 ed il WP7 e costituisce il nucleo del progetto dal momento che deve fornire le procedure che costituiranno il prototipo del sistema di supporto alla decisione CARE-S;
- Infine, la terza fase contiene i work-packages 8 e 9 e costituisce l'**applicazione** del prototipo a casi di studio reali selezionati all'interno delle reti gestite dalle aziende e municipalizzate partner del progetto; in questa fase il prototipo sarà testato, migliorato al fine di renderlo applicabile anche all'esterno del consorzio CARE-S.



3.1 La fase scientifica

Il **WP1** ha il ruolo di identificare e selezionare un elenco di indicatori di performance PI che possano essere utilizzati per valutare la funzionalità attuale e futura di una rete drenante e che costituiscano la base di partenza per valutare la necessità e l'estensione di un intervento di riabilitazione. Alcuni esempi di PI sono la frequenza annua degli allagamenti in una



• Fig. 4 - La struttura del progetto CARE-S

determinata area della rete, la frequenza dei cedimenti strutturali nei collettori, il rapporto tra costi di manutenzione e ricavi tariffari, ecc. Per identificare i PI più adatti agli scopi del progetto è stato predisposto un elenco di oltre 150 indicatori che sono stati valutati dal gruppo degli End-Users al fine di individuare quali tra questi sono effettivamente valutabili sulla base delle informazioni disponibili presso le municipalizzate e quali sono effettivamente utili per guidare il processo di riabilitazione. Dal primo elenco di PI sono stati selezionati 41 indicatori, suddivisi in 5 gruppi funzionali (Figura 5). L'elenco così ottenuto è in fase di applicazione per valutare l'attuale stato delle reti drenanti che sono state selezionate per il testing della procedura CARE-S. Questa fase si concluderà a fine Aprile 2004 e, se darà esito positivo, consentirà l'avvio dello sviluppo dei modelli di previsione della performance futura delle reti drenanti. Il **WP2** ha il ruolo di indagare il

deterioramento strutturale delle reti fognarie che è frequente causa dell'ostruzione o del collasso dei collettori fognari. Le condizioni strutturali in cui si trova un collettore sono dipendenti dal materiale di cui è composto, dalle condizioni di posa in opera, dalle caratteristiche dei reflui trasportati ed ovviamente dal tempo. L'obiettivo del work-package è duplice e riguarda la creazione di strumenti per la valutazione dell'attuale stato di deterioramento di un collettore e per la previsione del suo tempo di vita utile.

La prima fase del WP2 ha riguardato l'integrazione delle procedure disponibili in diversi paesi europei per la valutazione dello stato dei collettori fognari sulla base dei risultati delle ispezioni dirette e con telecamere a circuito chiuso (CCTV). Tale integrazione è stata sviluppata anche alla luce delle norme tecniche prEN13508-1-2/2001 che costituiscono il codice europeo di standardizzazione per i fenomeni di deterioramento dei collettori fognari. Il risultato di questa prima fase di studio è stata

Final listing of Rehab PIs

Total	41
Operational (Sewer rehab, I/I, failures)	19
Physical (Surcharging)	3
Environmental (Wastewater, Sediments)	5
Quality of service (Service, complaints)	8
Economical and financial (Costs, investment)	6

• Fig. 5 - Gli Indicatori di Performance selezionati per il progetto CARE-S

la creazione di una procedura che consenta, sulla base dei risultati delle ispezioni, di inserire un collettore o una porzione di rete all'interno di una classe di deterioramento. Nell'ambito del progetto sono state definite 5 classi di deterioramento CC1 - CC5: la prima si riferisce a collettori inservibili o al limite di collasso mentre la quinta classe riguarda collettori nuovi o in perfette condizioni. Entro la fine del 2004 la procedura sarà applicata ai casi di studio del progetto.

Nel frattempo i ricercatori del progetto svilupperanno gli strumenti statistici per valutare la probabilità nel tempo che un collettore transiti da una classe di deterioramento ad un'altra. In Figura 6 è rappresentata una possibile funzione di transizione: in ascissa è rappresentato il tempo di vita utile del collettore mentre in ordinata è rappresentata la densità di probabilità che un collettore segua un determinato processo di deterioramento; tracciando un'orizzontale con ordinata pari al

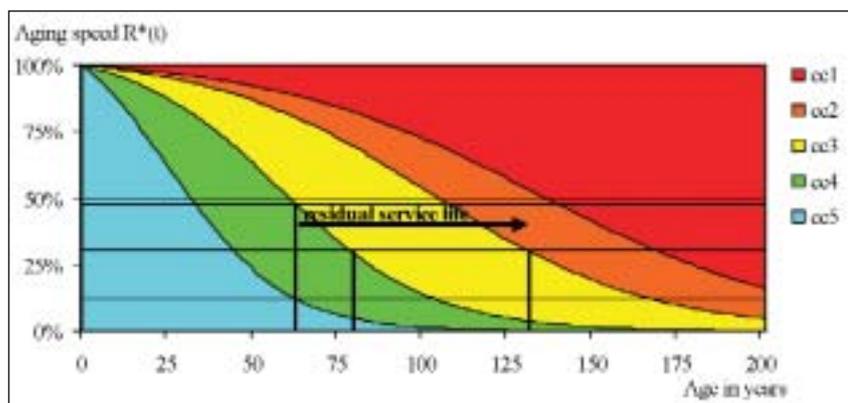
50% si ottiene il comportamento medio del collettore.

Il **WP3** ha il ruolo di valutare come il deterioramento dei collettori fognari possa indurre modifiche nella capacità di convogliamento dei collettori, nel funzionamento degli impianti di trattamento dei reflui e nella qualità dei corpi idrici ricettori superficiali e sotterranei. Per la sua complessità il work-package è stato diviso in quattro fasi: una fase iniziale (già conclusa) che ha avuto l'obiettivo di valutare tutti i modelli matema-

tici di drenaggio urbano disponibili al fine di valutare le loro funzionalità in relazione alle esigenze del progetto di ricerca e la diffusione del loro utilizzo tra gli End-Users; le successive tre fasi perseguono i tre obiettivi sopra citati.

L'effetto idrodinamico dei fenomeni di deterioramento saranno analizzati attraverso il coordinamento di indagini sperimentali di laboratorio ed in pieno campo con la modellazione numerica tridimensionale. L'obiettivo è quello di trovare una correlazione tra i fenomeni di deterioramento ed i parametri caratteristici di un collettore fognario (forma, dimensioni, scabrezza, ecc.) in modo da rendere questi fenomeni simulabili attraverso i modelli matematici tradizionali (Figura 7). Tale fase si concluderà alla fine del 2004.

Le rimanenti due fasi (riguardanti l'analisi del funzionamento dell'impianto di trattamento delle acque reflue e l'impatto sul corpo idrico ricettore) sono ancora ad uno stato iniziale e se ne prevede la conclusione entro giugno 2005. Il **WP4** ha l'obiettivo di individuare le tecniche di riabilitazione più utilizzate in Europa, valutarne vantaggi e svantaggi e stimarne i



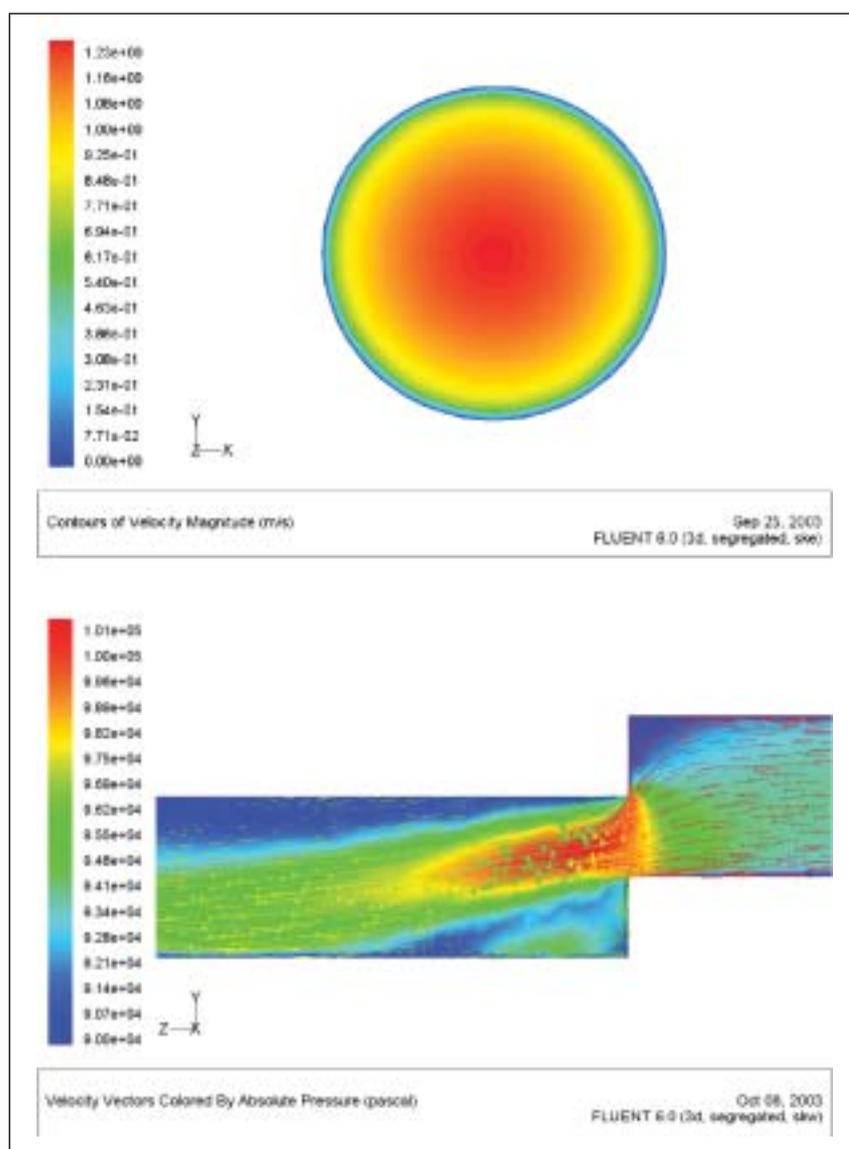
• Fig. 6 - Esempio di funzioni di transizione tra gli stati di deterioramento

costi. Le informazioni raccolte saranno utilizzate nel prototipo per consigliare la scelta delle tecniche di riabilitazione più adatte ad uno specifico caso e valutarne costi ed impatti sulla popolazione e sull'ambiente. Il WP4 sarà concluso entro Aprile 2004.

Il **WP5** ha l'obiettivo di valutare l'impatto socio-economico del malfunzionamento della rete drenante. Inizialmente, è stata effettuata una estesa raccolta dati con l'aiuto del gruppo degli End-Users del progetto per identificare degli indicatori che consentano di valutare l'"impatto" di un fenomeno di malfunzionamento della rete sulla popolazione. Sulla base dei dati registrati, il WP5 fornirà delle leggi di correlazione tra l'impatto socio-economico dei fenomeni di malfunzionamento e le caratteristiche sociali ed economiche dell'area in cui il fenomeno si verifica (densità di popolazione, ricchezza media, densità delle attività produttive, ecc.)

// 3.2 La fase metodologica

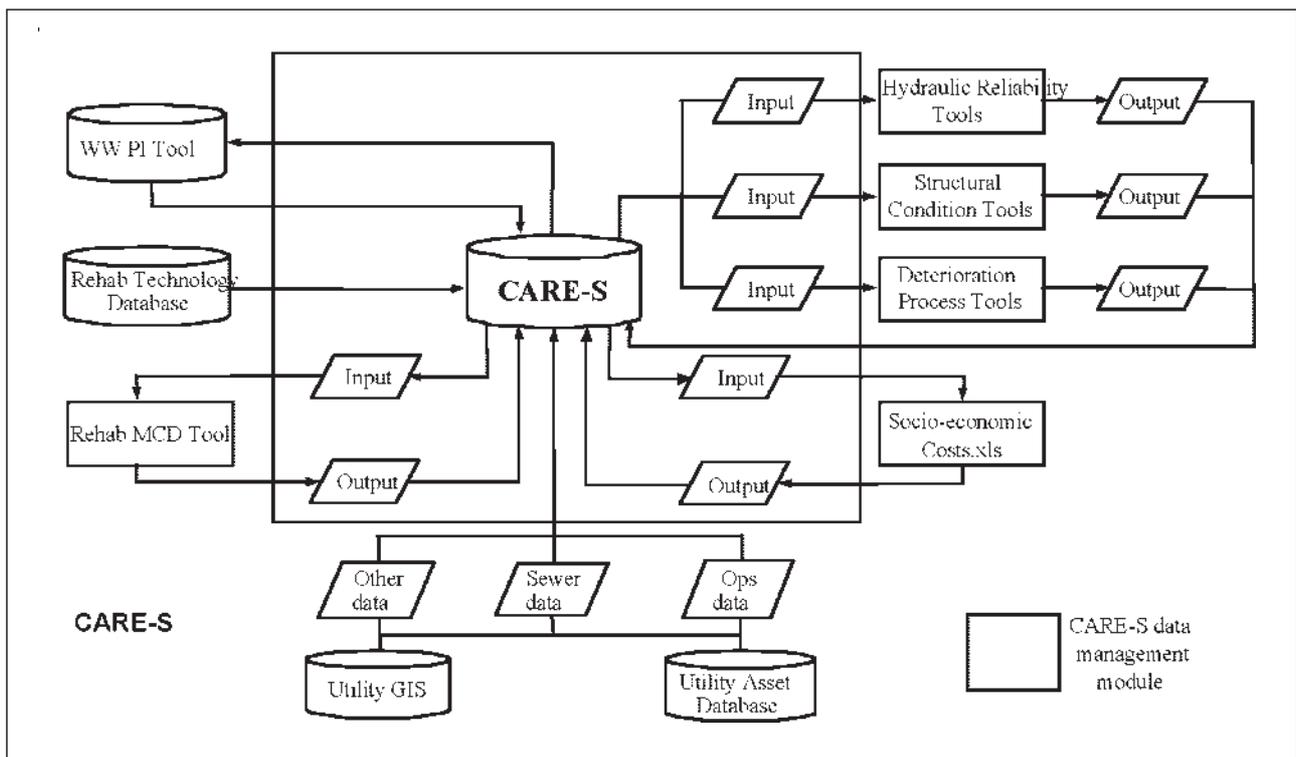
Il WP6 ed il WP7 costituiscono il cuore del prototipo CARE-S. Le loro attività sono ancora in fase iniziale e si concluderanno con la fine del progetto a settembre 2005. Il **WP6** ha il ruolo di immagazzinare i valori degli indicatori di performance calcolati sia allo stato attuale, quindi definiti dal solo WP1 e dai dati raccolti sul campo, sia negli scenari futuri, quindi definiti dal WP1 e calcolati nel tempo dal WP2 (per la parte strutturale) e dal WP3 (per la parte idraulica ed ambientale). I dati raccolti servono per identificare la frequenza più corretta per tutti i



• Fig. 7 - Esempio di analisi idrodinamica 3D di un processo di dislocazione del giunto di un collettore fognario con conseguente entrata in pressione

possibili interventi di riabilitazione come definiti dal WP4 e valutarne la fattibilità sulla base dei criteri socio-economici definiti dal WP5. Gli interventi così individuati vengono gerarchizzati e passati all'operatore per la decisione finale. Il WP6 ha anche il ruolo di individuare, insieme con il WP5, i pesi da attribuire ai singoli criteri di selezione degli interventi, dan-

do comunque la possibilità all'operatore di poter intervenire personalmente per variarli sulla base delle particolari condizioni locali. Il **WP7** ha il ruolo di fornire il prototipo di software che integrerà gli strumenti sopra definiti. Il prototipo gestirà lo scambio di dati tra le varie fasi della procedura e fornirà l'interfaccia grafica per l'utente.



• Fig. 8 - Schema a blocchi del prototipo CARE-S

3.3 La fase applicativa

Gli ultimi due work-packages (WP8 e WP9) hanno il ruolo di testare, validare e rendere pubblici le procedure ed i risultati del progetto. Le attività dei due WP si svolgono lungo l'intera durata del progetto dal momento che tutte le attività sono basate su un fitto scambio di informazioni tra ricercatori ed utenti finali del progetto. La presentazione finale del prototipo è prevista per la primavera del 2006.

4. Conclusioni

Nel presente articolo sono state tracciate le linee principali del progetto di ricerca CARE-S finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del 5° Programma Quadro. Il progetto ha l'obiettivo di sviluppare una suite di strumenti informatici che possano guidare il gestore verso il miglior piano di manutenzione della rete in termini di rapporto costi – benefici tenendo in considerazione gli impatti sociali, economici ed

ambientali connessi con il cattivo funzionamento delle reti drenanti. In altre parole, il progetto ha il fine di *“consigliare la riabilitazione del collettore fognario giusto, al momento giusto e con la tecnologia più efficace prima che si verifichi un disservizio (approccio preventivo)”*.

Nell'articolo sono stati discussi alcuni dei principali risultati ottenuti nel primo anno di attività. La fine del progetto è prevista per Settembre 2005 mentre il prototipo sarà disponibile al pubblico per la primavera del 2006.