



Il professor Carrera con gli studenti del Worcester Polytechnic Institute durante una campagna di rilievi sullo stato delle sponde (foto apparsa sul National Geographic, agosto 1999)

“Il contributo del Venice Project Center alla conoscenza dei rii veneziani”

FABIO CARRERA, Direttore Venice Project Center, Worcester Polytechnic Institute, USA

Prima di parlare del Venice Project Center vorrei spendere due parole sul Worcester Polytechnic Institute, che è stato nominato varie volte. È stato fondato nel 1865, il terzo più vecchio politecnico d'America, circa 3 mila studenti, che si laureano soprattutto in ingegneria e scienze.

A differenza della maggior parte delle università, anche americane, il WPI prevede due tesi di laurea obbligatorie, una interdisciplinare e una monodisciplinare. Vi sono inoltre 14 centri di studio nel mondo tra cui questo di Venezia. Due terzi delle tesi del nostro Istituto sono completate all'estero. Il Venice Project Center è stato fondato da me nel 1988, ed è il secondo dei centri WPI nel mondo dopo quello di Londra. Essendo io veneziano, ma laureato al Worcester Polytechnic Institute, quando sono tornato ho deciso di fare qualcosa di utile per la mia città. E dal 1988 ho portato a Venezia oltre 300 studenti per completare una ottantina di tesi di laurea; il nostro vanto, la mia filosofia, sono quelli di produrre progetti che non siano unicamente accademici ma un contributo il più possibile concreto alla salvaguardia della città. Noi facciamo progetti *per* Venezia, e non meramente *a* Venezia. Noi cerchiamo che i nostri studenti, a differenza di molti altri studenti stranieri che vengono a Venezia per ammirarne la bellezza, lascino la città un po' meglio di come l'hanno trovata. Questo è il nostro scopo.

Per quanto riguarda i rii, abbiamo cominciato a studiarli nel 1990 che, come noterete, è una data che precede sia il progetto UNESCO che la fondazione di Insula. Come ha menzionato Giovanni Caniato, l'ispiratore dei nostri progetti sui rii è stato Gianpietro Zucchetta, che ringrazio per questa sua ispirazione iniziale. A nostra volta, siamo stati gli ispiratori del progetto UNESCO, e ultimamente tutti i nostri dati stanno confluendo nel sistema informativo di Insula. Un terzo dei nostri progetti ha riguardato i rii di Venezia sotto vari aspetti. Abbiamo speso oltre 55 mila ore uomo su questi progetti che potrebbero essere tranquillamente raddoppiate dato che gli studenti si preparano anche in America prima di venire qui a Venezia. Quindi ho 15 minuti per dirvi quello che abbiamo fatto in 55 mila ore. Mi pare che sia un rapporto da 1 a 200 mila se non sbaglio.

I nostri contributi spaziano su tutti gli aspetti dei rii. Siamo partiti inizialmente con la definizione di standard di riferimento e con la cartografia di base, per poi considerare: caratteristiche fisiche, batimetrie, idrodinamica, traffico, consegne merci, fognature e

danni alle sponde, rive (cioè gli approdi pubblici) e ponti. Sono stati altresì sviluppati strumenti automatici di rilevamento ed ora, finalmente, dopo dieci anni siamo in grado di fare delle correlazioni fra tutti questi dati.

Le definizioni standard, che sembrano una stupidaggine da menzionare, ma che in realtà sono la base di tutto quello che è stato fatto, sono soprattutto queste: aver stabilito cos'è un "isola" e tutti i rii terà; e grazie a queste definizioni sono state definite tutte le intersezioni tra vie d'acqua, e delimitato quindi i cosiddetti "segmenti" di rio, che sono quelli in uso attualmente in Insula per la pianificazione. Invece di usare il rio tradizionale che non ci serviva, francamente, a livello scientifico, abbiamo definito il segmento come intersezione tra due vie d'acqua o anche tra una via d'acqua e un Rio terà. I livelli cartografici così prodotti, che ora fanno parte anche del sistema informativo di Insula, contengono 367 segmenti, mentre i rii sono 182. Ci sono delle discrepanze rispetto ai numeri riportati nel libro "Venezia la città dei rii", in quanto lì non sono stati considerati alcuni bacini d'acqua che si fa fatica a chiamare rii, tipo il bacino dell'Arsenale e altre darsene. I rii terà in totale sono 44.

Una volta definiti tutti i segmenti, per la prima volta, grazie anche al tracciamento di assi mediani su di ognuno, siamo stati finalmente in grado di calcolare la lunghezza totale dei rii di Venezia: 47 chilometri circa e quella dei rii terà invece che assomma a circa 6 chilometri. Sappiamo dirvi che le isole sono 125, che hanno la tal superficie, ecc. ecc..

Parlando di batimetrie, i nostri studenti ed io, di notte e a remi, abbiamo condotto campagne di rilievo, misurando le batimetrie ogni 25 metri con battute da muro a muro ogni metro. Partendo da queste, è stato possibile valutare i volumi di sedimento contenuti nei rii misurati. Il sommario dei dati batimetrici è questo: abbiamo misurato 860 sezioni batimetriche ed effettuato circa 7.700 battute di misura. L'accumulo medio del sedimento dei rii è risultato di 81 cm.

Per quanto riguarda l'idrodinamica, anche in questo caso grazie all'apporto di numerosi studenti e tante campagne, sono state eseguite 4.630 misure correntometriche nei rii. Questa era la prima volta che veniva svolta una serie di campagne anche nel tempo sotto vari tipi di luna, sia in quadratura che in sизigia, con le misure ripetute in tutti i rii, per un totale di circa 6 mila ore di rilevamento. Questo è

uno dei risultati. Si dispone finalmente di una mappa del regime idraulico della città, sia in marea entrante che uscente. Si notano alcune cose interessanti, come ad esempio nella zona di Castello Est, ove le correnti si comportano in maniera inversa rispetto al resto della città. Ci sono i rii intorno alla Salute ove le correnti vanno sempre nella stessa direzione, a prescindere dalla direzione prevalente della marea, e così via. Tutto ciò ci ha permesso di distinguere tra i rii veloci, ovvero con correnti maggiori di 20 cm al secondo (che sono veloci solo relativamente a Venezia, dato che queste sono velocità comunque molto ridotte), i rii medi, i rii pigri ed i rii stagnanti.

Secondo questo criterio, è risultato che i segmenti stagnanti tra quelli da noi misurati, sono 16. Tutti questi dati diventano utili quando, come ci dirà dopo Umgiesser, si va a validare un modello idrodinamico.

Passiamo ora al traffico acqueo. E' questo un importante aspetto della rete dei rii che ancora non fa parte di tutti questi modelli e dei sistemi informativi di cui stiamo discutendo oggi, ma che speriamo fra poco venga anch'esso a far parte del sistema di gestione della città. E' stata innanzitutto definita la rete idroviaria principale. Successivamente è stato conteggiato manualmente il passaggio delle barche, con una serie di campagne grazie al progetto UNESCO-MURST. Queste erano campagne multi-stagionali con conteggi in tutti i giorni della settimana, di 12 ore al giorno, quindi i più lunghi in assoluto mai svolti, in moltissimi dei canali interni, in verità in tutte le arterie idroviarie principali. In seguito abbiamo collaborato in alcune campagne del COSES, soprattutto quella invernale feriale, e su tutta la laguna con la Provincia di Venezia. Sono stati effettuati confronti interstagionali insieme alla distribuzione della tipologia di imbarcazioni tra i giorni feriali e i giorni festivi estivi. In totale, abbiamo conteggiato oltre 100 mila passaggi di imbarcazioni in tutte le nostre campagne.

Tra il 1978 e il 1996, il traffico delle imbarcazioni, misurato in una specifica stazione vicino a Rialto sul Canal Grande, è più che raddoppiato. Il traffico ovviamente è un elemento importante sia per quanto riguarda la ri-sospensione del sedimento, e quindi tutto il modello della sedimentazione dovrà tener conto anche del traffico, sia per quanto riguarda ovviamente i riflessi sulla vita della città. Quando si chiudono i rii per la manutenzione bisogna tener conto anche degli effetti sul traffico dei natanti. E' auspicabile che il tema del traffico diventi in futuro un campo di studio e di modellizzazione al fine di mettere tutte assieme queste informazioni.

Altri oggetti delle nostre indagini sono state le fognature e i danni alle sponde. Nel nuovo accordo UNESCO-Insula è previsto il completamento di questo censimento puntuale di tutti i danni e di tutti gli sbocchi fognari che vanno a confluire in due parti

diverse del modello. I danni si collegano all'interesse di Insula per quanto riguarda la pianificazione della manutenzione delle sponde, e gli sbocchi fognari ci servono per poter determinare, almeno a livello di stima, il contributo solido che proviene dalle fognature di Venezia e che quindi va a creare sedimento, e viene poi trasportato dall'idrodinamica. Quindi sono sicuramente elementi importanti, eventualmente anche per la pianificazione di un sistema fognario per la città di Venezia, di cui si sta discutendo recentemente e su cui il Worcester Polytechnic Institute ha prodotto anni fa una tesi sul possibile utilizzo di fognature sottovuoto per la città. Non mi dilungo più di tanto su questo perché esistono numerosi rapporti all'UNESCO che precisano tutti questi aspetti; rapporti consultabili da chi fosse interessato ad avere più dettagli. In sintesi, con il catalogo delle sponde, dei danni e delle fognature, che è stato elaborato in collaborazione con l'Arch. Alberto Gallo, che per la prima volta riesco a ringraziare pubblicamente per il contributo dato a questo lavoro, sono stati rilevati in totale 3.600 casi tra danni e sbocchi fognari lungo circa 24 chilometri di sponda.

Come ha detto Vincenzo Giannotti, il WPI ha anche collaborato al progetto di catalogazione delle rive, che è stato elaborato per conto dei Servizi Pubblici del Comune, ed abbiamo prodotto un sistema di gestione dei dati, delle mappe e delle foto di tutte le rive (o approdi pubblici) della città. Le rive di approdo sono in totale 1.320, tutte catalogate con il livello di utilizzabilità, lo stato di degrado, le dimensioni, ecc.. Lo stesso è stato effettuato per i ponti che non ho considerato nella mia relazione perché sapevo che ne avrebbe parlato Giannotti. Abbiamo catalogato i 450 ponti della città, in molti loro aspetti.

Oltre al lavoro interdisciplinare, portiamo avanti anche progetti monodisciplinari ed essendo ingegneri, sviluppiamo strumenti automatici. Ultimamente, sempre per i Servizi Pubblici del Comune, abbiamo sviluppato un sistema automatico di rilevamento del traffico e del moto ondoso, che si basa su delle targhette a radio frequenza poste sopra il motore fuori bordo. Uno strumento (posto sotto il ponte) legge la targhetta - tipo telepass dell'autostrada - e quindi riconosce un codice ed associa i dati rilevati dallo strumento a un tipo di barca specifica. Questo strumento, quando non ci sono barche, misura anche il livello di marea, quindi fa da mareografo. Nel momento in cui riconosce il passaggio di una barca, ne misura la velocità e contemporaneamente il moto ondoso provocato dalla stessa e tra l'altro ne misura anche il rumore prodotto. Quindi distribuendo un certo numero di questi strumenti per la città, per raccogliere tutte queste informazioni, si potrebbe avere il quadro completo del traffico cittadino in tutte le stagioni dell'anno, compreso il moto ondoso

provocato dalle barche. Il problema ovviamente sta nelle targhette che bisognerebbe mettere su tutte le barche. E qui ovviamente il discorso è molto più complesso. Stiamo pensando a un secondo modello di questo strumento che evita l'uso delle targhette e riconosce le barche puramente dal rumore da loro provocato, non sapendo però mai che tipo di barca ha provocato il moto ondoso. Sapremo solo che sono passate *tot* barche che hanno provocato *tot* moto ondoso.

Tutti questi dati che ho descritto possono essere utilmente correlati. Per esempio, un semplice incrocio è quello tra l'idrodinamica dei rii e la loro lunghezza, che può dare informazioni sul ricambio idrico del rio.

Incrociando le mappe delle inondazioni e i nostri rilievi sui rii terà, mi sono accorto che tutti i rii terà di Venezia si allagano prima del resto della città. Questo l'ho notato a prima vista nella mappa del Consorzio Venezia Nuova delle inondazioni, poi ho esplorato meglio e abbiamo scoperto che in effetti i rii terà tendono ad allagarsi per primi e questo può essere spiegato dal fatto che, nel momento in cui sono stati interrati questi rii, per mantenere una luce (altezza) sufficiente per permettere l'utilizzo delle ex porte d'acqua, si è dovuto tenere le soglie un più basse rendendo tutta la pavimentazione del rio terà altimetricamente più bassa rispetto alla media cittadina. Quindi i rii terà tendono ad allagarsi prima delle altre strade poiché hanno un piano di calpestio leggermente più basso. Similmente ci siamo accorti che molte "fondamente", che non erano fondamenta originariamente ma che sono sorte dove prima vi erano case direttamente affac-

ciate sul rio, si allagano più facilmente di altre nate come tali fin dall'inizio. Abbiamo cercato di scoprire se zone che si allagano con facilità, potessero essere stati rii terà in passato dei quali si è persa conoscenza storica. Da un'analisi dei dati di Wladimiro Dorigo e dai primi confronti ci siamo accorti che in effetti la facilità di allagamento può indicare spesso la preesistenza di un rio in quelle zone.

Altri incroci operati riguardano l'intensità del traffico e i danni alle sponde che ovviamente è uno degli incroci più interessanti che viene subito in mente. Però la correlazione tra traffico e danni alle sponde sembra quantomeno casuale. Probabilmente per vari motivi, i rii che subiscono molto traffico vengono restaurati più spesso degli altri, oppure i palazzi lungo i rii più larghi (e quindi più trafficati) hanno delle fondazioni più resistenti, cioè sono rii con palazzi più solidi, ad esempio con fasce di pietra d'Istria sul battente, ecc. Quindi ci sono dei fattori che non appaiono in questo confronto. Mentre invece appare interessantissima la scoperta di una correlazione molto stretta, quasi lineare, tra la presenza di danni e il livello di sedimento nei rii. Quando il sedimento supera i 50 cm circa, la presenza di danni nei rii aumenta notevolmente. Questo è un dato che dovrebbe far pensare molto in termini di pianificazione della manutenzione ordinaria. Bisognerebbe non permettere ai rii di interrarsi oltre i 50 cm, se vogliamo evitare che il fango intasi le fognature e quindi si creino dei problemi interni di infiltrazione di reflui, che poi corrodono le malte delle sponde, indebolendole e rendendole più vulnerabili al degrado crescente provocato successivamente dal moto ondoso.



Sponda degradata in prossimità di uno scarico fognario in Rio de le Muneghete, agosto 1998



Traffico di natanti in Canal Grande