

Le verifiche idrauliche e la valutazione di rischio nei sistemi di drenaggio urbano

⇒ Luigi Fanizzi, ECOACQUE (✉ info@ecoacque.it)

Questo lavoro affronta il problema della verifica idraulica di alcuni manufatti che risultano essere parte integrante delle infrastrutture preposte al drenaggio, interessante le aree urbane. Tali manufatti prendono il nome di opere d'arte e vengono distinte, rispettivamente, in opere per la raccolta di acque superficiali o profonde (cunette, canali e fossi di guardia) ed in opere per l'attraversamento di corsi d'acqua o di impluvi (ponticelli, tombini, tombe a sifone, ponti e viadotti). Come illustrato in seguito, un corretto dimensionamento di tali opere idrauliche, risulta fondamentale per un'adeguata protezione delle aree antropizzate, quali gli agglomerati. Il caso dei fossi o canali di guardia, a sezione con golene, risulta essere di particolare interesse in quanto, la presenza delle golene comporta una particolare singolarità. In corrispondenza, infatti, del passaggio del livello della savanella alle golene, per piccoli incrementi di altezza, aumenta notevolmente il perimetro bagnato e, quindi, di fatto, le perdite per attrito. Lo schema unico di calcolo della portata, come si vedrà, perde di significato e la portata andrà valutata, dividendola in più contributi, ognuno dei quali corrisponderà ad una ben precisa area. Le portate delle singole zone si calcoleranno con lo stesso schema, a moto uniforme, tenendo presente che le golene, generalmente, hanno scabrezze diverse. La portata totale sarà la somma delle tre portate, calcolate separatamente, secondo la formula di moto uniforme di Chezy, con coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler (D. Citrini et Al., 1987):

$$Q = A \cdot k_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Il contorno bagnato da considerare è solo quello rappresentato dalla superficie di contatto "fondo-acqua", per cui si trascurano i contributi delle perdite nelle superfici d'interscambio fra il filone centrale (savanella) e quelli laterali (vedi Figura 1). La misura delle aree e dei contorni bagnati, viene eseguita per incrementi di tirante idrico (G. Maradei, 2001).

I dati di partenza, per il calcolo, sono:

K_{s1} = coefficiente di Gauckler-Strickler (G-S), per la savanella (vedi Tabella 1, L. Da Deppo et Al., 2003);

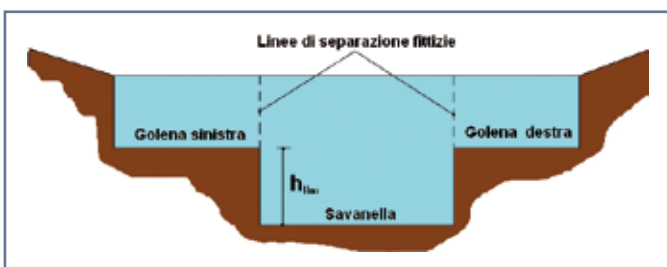


Figura 1 - Sezione canale di guardia.

$K_{s2} = K_{s3}$ = coefficiente di G-S per le aree golenarie (dx e sx);

i = pendenza del fondo;

h_{lim} = altezza dal fondo alveo corrispondente all'inizio delle golene.

Natura e qualità della superficie	Coefficiente Ks (m ^{1/3} · s ⁻¹)
Canali aperti rivestiti con:	
Conglomerati bituminosi	75 ÷ 57
Mattoni	72 ÷ 57
Calcestruzzo (gettato in opera o prefabbricato)	77 ÷ 57
Pietrame ad opera incerta	50 ÷ 20
Pietre (secondo tipo, profondità e velocità)	30 ÷ 15
Canali aperti scavati o dragati:	
In terra diritti ed uniformi	60 ÷ 30
In terra con curve abbastanza uniformi	50 ÷ 20
In terra senza manutenzione o in roccia	50 ÷ 20

Tabella 1 - Coefficienti di resistenza di Gauckler-Strickler, secondo la formula di Chezy di moto uniforme.

I fossi o canali di guardia rappresentano delle importanti opere a difesa dell'area urbana; essi servono per convogliare, negli impluvi naturali, le acque superficiali che, per la naturale conformazione del terreno, verrebbero altrimenti a raccogliersi ai piedi dei rilevati stradali od ad invadere le trincee provocando, così, cedimenti dei rilevati stessi o delle scarpate delle trincee. In generale, la sezione di un fosso di guardia, ha forma triangolare o trapezoidale, in taluni casi, appunto, a golene. L'inclinazione di queste ultime viene stabilita in funzione della natura del terreno (ove occorre inserire il canale) e del materiale con cui realizzare il rivestimento. Di norma, per i canali in terra, la scarpa è compresa fra 1/1 e 2/1: il primo di tali valori è ammissibile solo per terreni prevalentemente argillosi, compatti, con sponde rivestite in zolle, il secondo è adoperato, invece, nel caso di terreni sciolti (D. Lo Bosco et Al., 2002). Nella pratica delle costruzioni stradali, di solito, si usa rivestire le sponde ed il fondo del fosso con calcestruzzo magro. Questa soluzione consente notevoli economie nella manutenzione rispetto ai fossi con sponde in terra; infatti, il rivestimento in conglomerato cementizio, fa sì che le opere d'arte non necessitino di periodici lavori di risagomatura ed asportazione della vegetazione, la

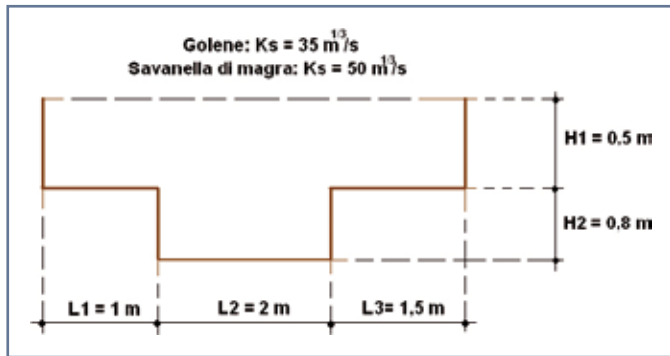


Figura 2 - Sezione composta del canale di guardia.

quale potrebbe condizionare il libero deflusso delle acque. Dal punto di vista esecutivo è opportuno realizzare canali non molto profondi, in modo da mantenere la velocità massima della corrente entro limiti accettabili e contenere, al tempo stesso, le spese di costruzione; è altresì preferibile adoperare una larghezza non eccessiva per evitare che si verifichino velocità troppo basse per le portate più piccole. Per i fossi con sponde in terra, la velocità della corrente deve essere compresa tra un valore massimo (0,60 m/s), tale da evitare le erosioni delle pareti e del fondo (G. Ippolito, 1995), ed un minimo, tale da evitare depositi (0,30 m/s).

Ad esempio, di quanto brevemente esposto teoricamente, si ipotizza di voler procedere alla verifica idraulica di un canale di guardia, realizzato in roccia calcarea (con pendenza costante pari al 5 ‰), in area extraurbana poco abitata; con portata di piena pari a 6.000,00 L/s (calcolata con un tempo di ritorno idrologico di 100 anni), che debba smaltire anche le acque di un bacino scolante, di recente impermeabilizzazione, che produce una portata di 1.500,00 L/s (calcolata con un tempo di ritorno idrologico di 5 anni). L'accertamento, dunque, consiste nel verificare se detto ulteriore apporto può essere causa di esondazione. Sia la sezione composta del canale, quella schematizzata in Figura 2.

Il calcolo, della scala di deflusso del canale, viene effettuato dividendo la sezione composta in tre sottosezioni (vedi Figura 3). Per ciascuna sotto-sezione si costruisce, per punti, utilizzando la formula di Chezy con coefficienti di Gauckler-Strickler, la corrispondente scala di deflusso (vedi Tabella 2); quindi, a parità di altezza di moto uniforme h_0 , si sommano le portate fornite dalle tre scale Q_1 , Q_2 e Q_3 e si ottiene la portata complessiva $Q = \sum Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3$; infine, l'interpolazione grafica dei punti di coordinate (Q, h_0) , così calcolati, fornisce la scala di deflusso globale del canale di guardia, Figura 4.

Dalla lettura della scala di deflusso globale si ricava che alla portata massima Q pari a 7,50 m^3/s ($6 m^3/s + 1,5 m^3/s = 7,50 m^3/s < 7,60 m^3/s$) corrisponde una velocità, ($V = \frac{\sum Q_i}{\sum A_i}$), appena superiore a 2,20 m/s ed

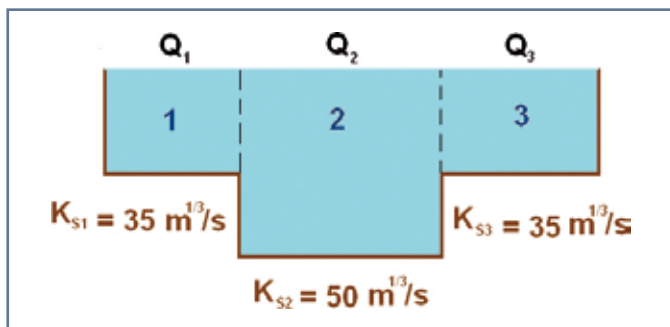


Figura 3 - Scomposizione della sezione composta del canale di guardia.

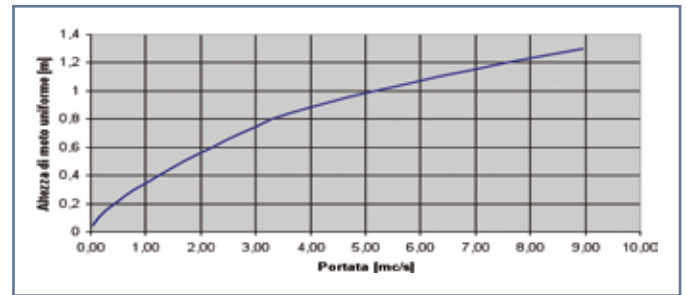


Figura 4 - Scala di deflusso globale.

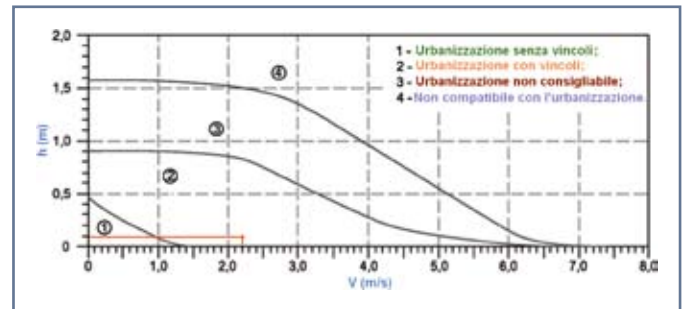


Figura 5 - Indicazioni di massima sugli effetti delle inondazioni sulle urbanizzazioni (Fonte: ACER, 1988).

un tirante idrico h_0 inferiore a 1,20 m, pertanto anche se l'apporto idrico comporta un sovrizzo del tirante di circa 10 cm, non sussistono rischi di esondazione (tirante vincolato entro la sezione: verifica, di compatibilità idraulica, soddisfatta).

Le condizioni idrauliche da conoscere per individuare uno stato critico possono essere ricondotte a due variabili di stato: il tirante idraulico ($h = 0,10$ m) e la velocità media della corrente nella zona inondata ($V = 2,20$ m/s). Nel grafico di Figura 5 (M. Martina, 2007), si riportano le indicazioni di massima sugli effetti delle inondazioni sulle urbanizzazioni.

Nello studio di rischio alle esondazioni, le aree potenzialmente interessate da fenomeni di tipo idraulico ed idrogeologico che potrebbero arrecare danno alle persone e/o ai beni costituiscono le cosiddette aree "vulnerabili". In un'area vulnerabile, quale quella urbana, in studio, possono essere identificati gli elementi a rischio, cioè le persone ed i beni che possono subire danni, quando si verifica un evento critico. Proprio quando si verifica un evento, ciascun elemento a rischio può riportare un danno maggiore o minore in base alla propria capacità di sopportare tale evento. La vulnerabilità esprime, quindi, l'attitudine dell'elemento a rischio a subire danni per effetto dell'evento e, più precisamente, indica l'aliquota dell'elemento a rischio che viene danneggiata. Nelle applicazioni pratiche, l'impostazione attualmente accettata in Italia, per la valutazione del rischio idraulico ed idrogeologico, è basata su quanto riportato nel Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri (cd DPCM) del 29 settembre 1998 per l'attuazione del DPCM 11 giugno 1998, n. 180, successivamente convertito nella Legge 3 agosto 1998, n. 267.

In corrispondenza di ciascun evento di criticità, sotto particolari ipotesi, accettabili in molti casi pratici, quale quello nella fattispecie, per il rischio idraulico, sinteticamente, si ha (A. M. Caivano, 2002):

$$R_i = E \cdot V \cdot H_i$$

In un periodo di t anni ($t = 5$ anni), possono verificarsi N_t eventi e, quindi, la pericolosità (H_i), strettamente connessa al periodo di ritorno idrologico T (espresso in anni; nella fattispecie $T = 100$ anni), che esprime l'intervallo di tempo nel quale l'evento si verifica, in media, una sola volta, assume il valore (F. Cetraro¹, 2010):

$$H_i = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^t = 0,049$$



h_0 [m]	A_1 [m ²]	R_1 [m]	i [%]	k_{s1} [m ^{1/3} /s]	Q_1 [m ³ /s]	A_2 [m ²]	R_2 [m]	i [%]	k_{s2} [m ^{1/3} /s]	Q_2 [m ³ /s]	A_3 [m ²]	R_3 [m]	i [%]	k_{s3} [m ^{1/3} /s]	Q_3 [m ³ /s]	ΣQ_i [m ³ /s]
0	0				0,00	0	0	0,01	50	0,00	0				0,00	0,00
0,05	0				0,00	0,1	0,05	0,01	50	0,05	0				0,00	0,05
0,1	0				0,00	0,2	0,09	0,01	50	0,14	0				0,00	0,14
0,15	0				0,00	0,3	0,13	0,01	50	0,27	0				0,00	0,27
0,2	0				0,00	0,4	0,17	0,01	50	0,43	0				0,00	0,43
0,25	0				0,00	0,5	0,2	0,01	50	0,60	0				0,00	0,60
0,3	0				0,00	0,6	0,23	0,01	50	0,80	0				0,00	0,80
0,35	0				0,00	0,7	0,26	0,01	50	1,01	0				0,00	1,01
0,4	0				0,00	0,8	0,29	0,01	50	1,23	0				0,00	1,23
0,45	0				0,00	0,9	0,31	0,01	50	1,46	0				0,00	1,46
0,5	0				0,00	1	0,33	0,01	50	1,70	0				0,00	1,70
0,55	0				0,00	1,1	0,35	0,01	50	1,95	0				0,00	1,95
0,6	0				0,00	1,2	0,38	0,01	50	2,21	0				0,00	2,21
0,65	0				0,00	1,3	0,39	0,01	50	2,47	0				0,00	2,47
0,7	0				0,00	1,4	0,41	0,01	50	2,74	0				0,00	2,74
0,75	0				0,00	1,5	0,43	0,01	50	3,01	0				0,00	3,01
0,8	0				0,00	1,6	0,44	0,01	50	3,29	0				0,00	3,29
0,85	0,05	0,05	0,01	35	0,02	1,7	0,47	0,01	50	3,64	0,07	0,05	0,01	35	0,02	3,69
0,9	0,1	0,09	0,01	35	0,05	1,8	0,5	0,01	50	4,01	0,15	0,09	0,01	35	0,08	4,14
0,95	0,15	0,13	0,01	35	0,10	1,9	0,53	0,01	50	4,39	0,23	0,14	0,01	35	0,15	4,63
1	0,2	0,17	0,01	35	0,15	2	0,56	0,01	50	4,78	0,30	0,18	0,01	35	0,23	5,16
1,05	0,25	0,2	0,01	35	0,21	2,1	0,58	0,01	50	5,18	0,38	0,21	0,01	35	0,33	5,73
1,1	0,3	0,23	0,01	35	0,28	2,2	0,61	0,01	50	5,60	0,45	0,25	0,01	35	0,44	6,32
1,15	0,35	0,26	0,01	35	0,35	2,3	0,64	0,01	50	6,03	0,53	0,28	0,01	35	0,56	6,95
1,2	0,4	0,29	0,01	35	0,43	2,4	0,67	0,01	50	6,48	0,60	0,32	0,01	35	0,69	7,60
1,25	0,45	0,31	0,01	35	0,51	2,5	0,69	0,01	50	6,93	0,68	0,35	0,01	35	0,82	8,27
1,3	0,5	0,33	0,01	35	0,59	2,6	0,72	0,01	50	7,40	0,75	0,38	0,01	35	0,97	8,96

N.B.: Nel calcolo del perimetro bagnato "C" [m], ai fini del calcolo del raggio idraulico "R" = $\frac{A}{C}$ [m], non si devono considerare le lunghezze delle linee di separazione delle sottosezioni di cui alla scomposizione di Fig. 3.

Tabella 2 - Foglio di calcolo della scala di deflusso ($Q = \Sigma Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3$; $A = \Sigma A_i = A_1 + A_2 + A_3$).

Classe	Peso	Elementi
E_1	0,25	Aree libere da insediamenti ed aree improduttive; Zona boschiva; Zona agricola non edificabile; Demanio pubblico non edificato e/o edificabile.
E_2	0,50	Aree con limitata presenza di persone; Aree extraurbane, poco abitate; Edifici sparsi; Zona agricola generica (con possibilità di edificazione); Zona di protezione ambientale, Zona di rispetto, Verde privato; Parchi, Verde pubblico non edificato; Infrastrutture secondarie.
E_3	0,75	Nuclei urbani non densamente popolati; Infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); Aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); Zone per impianti tecnologici e discariche RSU od inerti; Zona a cava.
E_4	1,00	Centri urbani ed Aree urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20% della superficie fondiaria); Nuclei rurali minori di particolare pregio; Zone di completamento; Zone di espansione; Grandi insediamenti industriali e commerciali; Servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; Infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); Zona discarica per rifiuti speciali o tossico-nocivi; Zona alberghiera, Zona campeggi e villaggi turistici; Beni architettonici, Storici ed Artistici.

Tabella 3 - Classificazione degli elementi a rischio.

Il *fattore di esposizione (E)*, misura gli elementi a rischio. Esso rappresenta il valore degli elementi esposti all'evento idraulico calamitoso. Gli elementi possono essere persone, beni localizzati e patrimonio ambientale e devono essere espressi in termini numerici o monetari (per l'attribuzione del valore, per ogni classe, vedi **Tabella 3**; L. Ubertini, 2009).

Da ultimo, il *fattore di vulnerabilità* dell'area (**V**), inteso come capacità a resistere alla *sollecitazione dinamica* (Resilienza), indotta dall'evento e, quindi, dal grado di perdita degli elementi a rischio, in caso si manifesti il fenomeno. Ogni volta si ritiene a rischio la vita umana, la vulnerabilità viene assunta unitaria (per quanto riguarda gli elementi

di altro tipo occorre prevedere analisi di dettaglio, che considerano i fattori tecnici, economici e sociali).

Classe	Peso	Vulnerabilità
V ₁	0,10	Bassa: Altissima resilienza.
V ₂	0,35	Media: Alta resilienza;
V ₃	0,75	Alta: Media resilienza;
V ₄	1,00	Altissima: Bassa resilienza.

Tabella 4 - Classificazione della vulnerabilità dell'area.

Il rischio idraulico totale (per t = 5 anni), pertanto, vale:

$$R_t = 0,049 \cdot 0,500 \cdot 0,10 = 0,002 \leq 0,002$$

Da quanto si evince dalla **Tabella 5**, il valore di rischio totale, di danno al patrimonio ambientale, atteso risulta *marginale*.

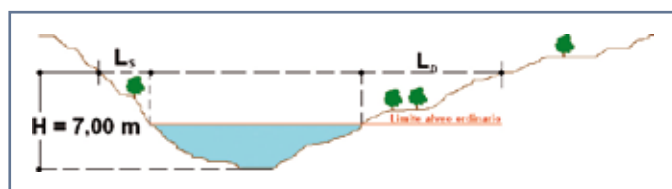


Figura 6 - Limiti ed aree di attenzione di canali (naturali od artificiali) in assenza di arginature.

In **Figura 6**, infine, sono raffigurati i limiti normali e l'area di attenzione (area delimitata dall'intersezione tra il terreno ed un piano orizzontale, a quota superiore di 7 metri a quella del punto più depresso della sezione trasversale; vedi **Figura 6**; F. Cetraro², 2010), contro i rischi per inondazione.

Bibliografia

(1) D. Citrini, G. Nosedà (1987): "Idraulica", II Edizione, Casa Editrice Ambrosiana, Milano;

Rischio idraulico totale			Descrizione degli effetti
Classe	Magnitudo	Valore	
R1	Moderata	≤ 0,002	Danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale marginali.
R2	Media	≤ 0,005	Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
R3	Elevata	≤ 0,010	Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici. Gravi danni a cose e lievi danni a persone.
R4	Molto elevata	≤ 0,020	Distruzione di cose e gravi danni a persone.

Tabella 5 - Caratterizzazione delle classi di rischio idraulico-idrogeologico.

- (2) G. Ippolito (1995): "Appunti di costruzioni idrauliche", Ed. Liguori, Napoli;
- (3) G. Maradei (2002): "Corso di costruzioni idrauliche - Scale di deflusso", Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi della Calabria, Ed. Unical, Cosenza;
- (4) L. Da Deppo, C. Datei (2003): "Fognature", III Edizione, Ed. Libreria Internazionale Cortina, Padova;
- (5) D. Lo Bosco, G. Leonardi, F. Scopelliti (2002): "Il dimensionamento delle opere idrauliche a difesa del corpo stradale", Quaderno di Dipartimento Informatica, Matematica, Elettronica e Trasporti, QD-SD 1/02, Università degli Studi Mediterraneo, Facoltà di Ingegneria, Serie didattica, Ed. Feo di Vito, Reggio Calabria;
- (6) A.M. Caivano (2002): "Il rischio idraulico ed idrogeologico", Ed. EPC, Roma;
- (7) F. Cetraro¹ (2010): "Rischio idraulico", Ed. EPC, Roma;
- (8) F. Cetraro² (2010): "Idrogeologia e opere di difesa idraulica", V Edizione, EPC, Roma;
- (9) L. Ubertini (2009): "La mitigazione del rischio idraulico", Quaderni della Società Geologica Italiana, Dipartimento di Scienze della Terra, Università La Sapienza, Ed. SGI, Roma.
- (10) M. Martina (2007): "Le azioni dell'alluvione sui fabbricati civili ed i danni conseguenti", Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi, Ed. DST, Bologna.

Summer School 2013

in Tanzania, due settimane per studiare la biodiversità tropicale

Forte dell'ottima riuscita delle edizioni condotte nel 2011 e 2012, torna **dal 24 agosto al 6 settembre 2013** la Summer School in "Tropical Rainforest Biodiversity. Field and GIS tools for assessing, monitoring and mapping".

L'iniziativa – organizzata dal MUSE Museo delle scienze e dall'Università degli Studi di Trento in collaborazione con il Danish Museum of Natural History e con la Tanzania National Parks – avrà come base l'Udzungwa Ecological Monitoring Centre, una stazione di ricerca del Parco Nazionale dei Monti Udzungwa e coinvolgerà circa 20 tra studenti e dottorandi internazionali in discipline affini alla biologia, zoologia e conservazione della biodiversità, tra cui alcuni studiosi tanzaniani. Obiettivo dell'iniziativa è un percorso formativo specialistico di livello universitario che verte sugli strumenti per valutare e mappare la biodiversità dei Monti Udzungwa, riconosciuti come uno degli hotspot di biodiversità del pianeta. Nell'area il museo, unico in Italia ad avere una sede permanente distaccata in Africa, opera da anni e ha fondato e dirige il Centro per l'Educazione Ambientale e il Monitoraggio Ecologico.

La scuola avrà sede presso il Centro dei Monti Udzungwa, all'interno del parco naturale. Nel corso dei 14 giorni di permanenza in loco gli studenti avranno la possibilità di ricevere un'introduzione alla biodiversità tropicale e all'importanza della sua conservazione, nonché di collaborare al rilevamento e all'inventariazione dei vertebrati della foresta, con particolare riferimento ai primati e altri terrestri mammiferi forestali. Verranno affrontati anche gli effetti dell'azione antropica, e i partecipanti potranno apprendere l'utilizzo delle principali tecniche di rilevamento sul campo (transesti per censimenti e trappole foto-trappolaggio), oltre all'utilizzo del GPS e del GIS per l'analisi dei dati ambientali. Il corso sarà condotto in loco con il supporto della Tanzania National Parks, per contribuire alla formazione pratica e creazione di figure professionali per studenti universitari e operatori dei parchi tanzaniani: 5-10 posti saranno riservati a partecipanti tanzaniani, che non sosterranno alcun costo di partecipazione. **(Le iscrizioni devono pervenire entro il 30 giugno).**

http://www.mtsn.it/INGLESE/ing_sezioni/sum-sch13.asp