

**POLITECNICO**  
**MILANO 1863**

Scuola di Architettura Urbanistica e Ingegneria delle Costruzioni  
Corso di studi in Architettura – Ambiente Costruito – Interni

# FOG HARVESTING AD HAITI

Declinazione di un progetto per l'integrazione dei fog  
collector nei campi di emergenza.

RELATORE

Prof.ssa Alessandra Zanelli

CORRELATORE

Arch. Maria Giovanna Di Bitonto

A.A. 2022/2023 – Sessione di Laurea LUGLIO 2023

AUTORE

Nicolò Elio Giorgetti 965728



# ABSTRACT

Le crescenti preoccupazioni per la scarsità idrica in tutto il mondo hanno portato alla ricerca di tecnologie che abbiano il potenziale per ottenere acqua da fonti non tradizionali, come nebbia, rugiada e pioggia: i fog collector possono essere definiti come delle infrastrutture alternative in grado di intrappolare le particelle di acqua della nebbia che li attraversa. Il Large Fog Collector (LFC), il più elementare tra i dispositivi del suo genere, è una tensostruttura tessile bidimensionale composta da una mesh di Raschel, due pali di sostegno e cavi che svolgono la funzione di tiranti per dare stabilità all'intera struttura. Lo studio proposto viene declinato con l'obiettivo di integrare questa tecnologia, che normalmente viene adoperata in agricoltura con dei dispositivi autonomi e isolati, nella progettazione di strutture leggere utilizzate nei campi di emergenza: il progetto prevede l'applicazione dei fog collector direttamente sul telaio portante dei rifugi di fortuna.

All'interno dell'elaborato è stata presa in esame la tenda Multipurpose, progettata dal Politecnico di Milano con la collaborazione di IFRC e prodotta da Ferrino, ma l'intenzione principale è quella di fornire uno schema e una linea guida per applicare la fog harvesting in tutti i contesti di emergenza che rispondono alle necessità climatiche, indipendentemente dalla tipologia di riparo scelta.



# INDICE

INTRODUZIONE	11
CAPITOLO 1 – FOG HARVESTING	13
NEBBIA	13
FOG HARVESTING IN NATURA	14
FOG HARVESTING ARTIFICIALE	18
FOG COLLECTORS	19
VARIAZIONE DEL DESIGN DEI COLLETTORI DI NEBBIA	22
FOG COLLECTORS SPERIMENTALI	27
CAPITOLO 2 – EMERGENZE	31
DEFINIZIONE DI DISASTRO	31
TERREMOTI	32
RISPOSTA UMANITARIA	35
CAMPI DI EMERGENZA	36
TENDE DI EMERGENZA	36
CASI STUDIO	37
RISORSE IDRICHE DURANTE LE EMERGENZE	42
STANDARD IDRICI MINIMI	47
CAPITOLO 3 – OASI DI NEBBIA E AREE SISMICHE A CONFRONTO	49
FOG OASI E RISCHIO SISMICO GLOBALE	49
RISCHIO SISMICO AD HAITI	52
FOG OASI AD HAITI	55
CAPITOLO 4 - INTEGRAZIONE FOG COLLECTOR NEI CAMPI DI EMERGENZA	57
STANDARD MINIMI DI UN CAMPO DI EMERGENZA	57
PROGETTAZIONE DEL CAMPO	58
LOCALIZZAZIONE	58
DIMENSIONAMENTO	59
FABBISOGNO IDRICO	60
FOG COLLECTOR APPLICATO ALLA MULTIPURPOSE TENT	62
SISTEMA DI DISTRIBUZIONE IDRICA	66
CONCLUSIONE	67
ALLEGATI	69
BIBLIOGRAFIA	71
SITOGRAFIA	74



# INDICE DELLE IMMAGINI

## CAPITOLO 1

[Fig 1.1] Schemi relativi alla formazione di nebbia (*a cura del candidato*)

[Fig 1.2] Mappa dei progetti di fog harvesting (*a cura del candidato*)

[Fig 1.3] Schema di raccolta acqua di alcune piante desertiche (*a cura del candidato sulla base di Bhushan B., 2020, Design of water harvesting towers and projections for water collection from fog and condensation. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2019.0440>*)

[Fig 1.4] Schema di raccolta acqua di alcuni animali (*a cura del candidato sulla base di Bhushan B. 2020 Design of water harvesting towers and projections for water collection from fog and condensation. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2019.0440>*)

[Fig 1.5] Fountain tree ([https://www.grosvenorprints.com/stock\\_detail.php?ref=27673](https://www.grosvenorprints.com/stock_detail.php?ref=27673))

[Fig 1.6] Standard fog collector e Raschel mesh (*Jeremy K. Domen, William T. Stringfellow, Mary Kay Camarillo, Shelly Gulati, 2013, Fog water as an alternative and sustainable water resource; <https://www.designindaba.com/sites/default/files/styles/scaledlarge/public/node/news/21681/gallery/www.fogquest.org.jpg?itok=HU3L1UOC>*)

[Fig 1.7] Large Fog Collector ([http://fogquest.org/category/latest-news/#pgcSgb-bl0-0\\_3208](http://fogquest.org/category/latest-news/#pgcSgb-bl0-0_3208))

[Fig 1.8] Vertical Fog Collector (VFC) prodotto da Aqualonis (<https://www.aqualonis.com>)

[Fig 1.9] Due tipologie differenti di Warka Water (<https://www.thisispaper.com/mag/warka-water-by-arturo-vittori>; <https://inhabitat.com/warka-water-tower-that-pulls-drinking-water-from-thin-air-wins-world-design-impact-prize/warka-water-by-architecture-and-vision-23/>)

[Fig 1.10] Recogedores de Aguas Atmosfericas (<https://www.nieblagua.com>)

[Fig 1.11] Airdrip Fog collector (<http://www.jmest.org/wp-content/uploads/JMESTN42350944.pdf>)

[Fig 1.12] Eiffel fog collector (<https://www.tropentag.de/2009/abstracts/full/218.pdf>)

[Fig 1.13] Kirigami fog collector ([https://www.researchgate.net/publication/354629845\\_Aerodynamics-assisted\\_efficient\\_and\\_scalable\\_kirigami\\_fog\\_collectors](https://www.researchgate.net/publication/354629845_Aerodynamics-assisted_efficient_and_scalable_kirigami_fog_collectors))

[Fig 1.14] Cylindrical Fog Cage (CFC) (<https://escholarship.org/uc/item/4dz623rm>)

[Fig 1.15] Fog collector ad effetto corona (<https://link.springer.com/article/10.1007/s11090-022-10279-7>)

## CAPITOLO 2

[Fig 2.1] Mappa sismica globale (<http://ds.iris.edu/sm2/bigmap/index.phtml>)

[Fig 2.2] Scala Mercalli – Cancani – Sieberg (MCS) (*a cura del candidato*)

[Fig 2.3] presenza mondiale di UNHCR (*a cura del candidato sulla base di* <https://data.unhcr.org/en/documents/details/87930>)

[Fig 2.4] Tenda Multipurpose (<https://www.ferrino.it/en/shop-en/equipment/first-aid-line/tents/98080mww-high-performance-tent-48mq.html>)

[Fig 2.5] Schemi di possibili unioni in un campo di emergenza (<https://www.ferrino.it/en/shop-en/equipment/first-aid-line/tents/98080mww-high-performance-tent-48mq.html>)

[Fig 2.6] Cocoon tent con schemi di montaggio (*Viscuso S., & Zanelli A., 2016, Insulated membrane kit for emergency shelters: product development and evaluation of three different concepts. Procedia Engineering*)

[Fig 2.7] UNHCR Lightweight emergency tent (<https://www.ferrino.it/en/shop-en/equipment/first-aid-line/tents/97058wfp-light-weight-emergency-tent.html>)

[Fig 2.8] Rofi Rapid inflatable tent con esempio di unione trasversale a croce (<https://www.rofi.com/rapid-608>)

[Fig 2.9] Schema tipo di un sistema di approvvigionamento idrico d'emergenza (*a cura del candidato*)

[Fig 2.10] Torre dell'acqua e serbatoi metallici (<https://science.howstuffworks.com/engineering/structural/water-tower-freeze.htm>; <https://www.developmentdiaries.com/2022/06/uganda-red-cross-provides-water-support/>)

[Tabella 2.1] Tabella comparativa degli standard idrici minimi secondo diverse organizzazioni ([https://www.researchgate.net/publication/276459337\\_A\\_Systematic\\_Review\\_of\\_the\\_Amount\\_of\\_Water\\_per\\_Person\\_per\\_Day\\_Needed\\_to\\_Prevent\\_Morbidity\\_and\\_Mortality\\_in\\_Post-Disaster\\_Settings](https://www.researchgate.net/publication/276459337_A_Systematic_Review_of_the_Amount_of_Water_per_Person_per_Day_Needed_to_Prevent_Morbidity_and_Mortality_in_Post-Disaster_Settings))

## CAPITOLO 3

[Fig 3.1] Sovrapposizione della mappa del rischio sismico globale con la presenza di oasi di nebbia (*a cura del candidato sulla base di* <https://www.globalquakemodel.org/gem-maps/global-earthquake-hazard-map>)

[Fig 3.2] Mappa descrittiva del terremoto di Haiti del 01 gennaio 2010 (<https://reliefweb.int/map/haiti/earthquake-01122010-estimated-population-exposure-haiti>)

[Fig 3.3] Mappa descrittiva del terremoto di Haiti del 14 agosto 2021  
([https://www.acaps.org/fileadmin/Data\\_Product/Main\\_media/20210820\\_acaps\\_thematic\\_report\\_haiti\\_earthquake\\_department\\_profiles.pdf](https://www.acaps.org/fileadmin/Data_Product/Main_media/20210820_acaps_thematic_report_haiti_earthquake_department_profiles.pdf))

[Fig 3.4] Localizzazione progetti di fog harvesting ad Haiti (*a cura del candidato*)

## CAPITOLO 4

[Fig 4.1] Mappa topografica che mostra l'intensità delle scosse del terremoto di magnitudo 7.2 del 14 agosto 2021 attraverso la scala MCS  
([https://www.acaps.org/fileadmin/Data\\_Product/Main\\_media/20210820\\_acaps\\_thematic\\_report\\_haiti\\_earthquake\\_department\\_profiles.pdf](https://www.acaps.org/fileadmin/Data_Product/Main_media/20210820_acaps_thematic_report_haiti_earthquake_department_profiles.pdf))

[Fig 4.2] Schema di insediamento tipo per il campo di emergenza (*a cura del candidato*)

[Fig 4.3] Elemento aggiuntivo per il raccordo del fog collector alla tenda Multipurpose (*a cura del candidato*)

[Fig 4.4] Fog collector progettato per l'integrazione con la Multipurpose tent (*a cura del candidato*)

[Fig 4.5] Funzionamento della struttura: la prima immagine mostra la mesh Raschel con funzione di fog collector, mentre la seconda con funzione ombreggiante (*a cura del candidato*)

[Fig 4.6] Schema di funzionamento del sistema idrico integrato ai fog collector (*a cura del candidato*)

[Tabella 4.1] Calcolo della percentuale di acqua raccolta dai fog collector con un funzionamento costante al 100% (5.5L/mq al giorno) rispetto al fabbisogno idrico totale (*a cura del candidato*)

[Tabella 4.2] Calcolo della percentuale di acqua raccolta dai fog collector con un funzionamento costante al 75% (4L/mq al giorno) rispetto al fabbisogno idrico totale (*a cura del candidato*)

[Tabella 4.3] Calcolo della percentuale di acqua raccolta dai fog collector con un funzionamento costante al 50% (2.75L/mq al giorno) rispetto al fabbisogno idrico totale (*a cura del candidato*)

[Tabella 4.4] Calcolo della percentuale di acqua raccolta dai fog collector con un funzionamento misto (prima fila 5.5L/mq, seconda fila 4L/mq, terza fila 2.75L/mq) rispetto al fabbisogno idrico totale (*a cura del candidato*)



# INTRODUZIONE

L'acqua è essenziale per la vita e la salute di tutti gli esseri viventi e durante le emergenze spesso non è disponibile in quantità o qualità adeguate, creando così un grave pericolo per la popolazione. Pertanto, la fornitura idrica richiede un'attenzione immediata dall'inizio di un'emergenza: l'obiettivo è garantire la disponibilità di acqua potabile necessaria per consentirne la corretta distribuzione. Devono essere assicurati anche adeguati sistemi di stoccaggio e backup per tutti gli aspetti dell'approvvigionamento idrico, poiché le interruzioni nella fornitura possono portare a conseguenze disastrose. La disponibilità di fonti idriche è generalmente il fattore determinante nell'organizzazione del campo di emergenza. Potrebbe essere necessario prendere disposizioni speciali per l'identificazione e lo sviluppo di nuove fonti alternative, quali la nebbia, la rugiada o la pioggia. Lo studio e la progettazione di tecnologie in grado di sfruttare queste fonti alternative hanno prodotto quelli che vengono definiti fog collector: strutture relativamente semplici che sono in grado di intrappolare le particelle di acqua dalla nebbia, per poi stocarle in serbatoi o cisterne. Un vantaggio fondamentale è che si tratta di un sistema passivo che non richiede energia elettrica per svolgere la sua funzione; caratteristica che lo rende ideale in tutti i contesti emergenziali. Il Large Fog Collector (LFC), il più elementare tra i dispositivi del suo genere, è una tensostruttura tessile bidimensionale composta da una mesh di Raschel, due pali di sostegno e cavi che svolgono la funzione di tiranti per dare stabilità all'intera struttura. A partire da questo design sono stati effettuati studi e ricerche per migliorarne le caratteristiche di durabilità ed efficienza: negli anni sono state proposte delle strutture tridimensionali che permettono di eliminare il problema della direzionalità del vento lavorando alla massima efficienza indipendentemente dalla sua traiettoria; a differenza dei modelli bidimensionali che forniscono le migliori prestazioni solo quando sono posti perpendicolarmente ad esso.

Prima della progettazione dell'insediamento di fortuna e del fog collector integrato alle tende di primo soccorso, è stata fatta un'attenta analisi delle emergenze e dei disastri naturali: la Terra è colpita tutti gli anni da un numero elevato di catastrofi e calamità che obbligano la popolazione a rimanere sempre pronta ad intervenire nella progettazione e costruzione di campi di emergenza sempre più efficienti ed efficaci. È stata scelta in particolare l'emergenza legata ai terremoti in quanto ogni anno ne vengono registrati globalmente più di 900000. In media è possibile affermare che annualmente si verificano dai 15 ai 18 terremoti con magnitudo superiore a 7 e uno solo con magnitudo superiore a 8. Si tratta quindi di eventualità altamente distruttive che, se avvengono nei pressi di località abitate e non adeguatamente progettate e costruite, possono generare delle situazioni di emergenza caratterizzate da un'elevata mortalità, da un'ingente numero di persone sfollate e dalla possibilità che edifici ed infrastrutture vengano completamente distrutti. Ne sono un esempio i terremoti avvenuti ad Haiti nel 2010 e nel 2021;

L'isola di Hispaniola non è solo caratterizzata da un'elevato rischio sismico, ma la sua morfologia e la sua posizione rispetto alle correnti oceaniche ed atmosferiche, permettono la formazione di nebbia di avvezione che può essere sfruttata come fonte idrica alternativa. Nel 2001 e nel 2017 sono stati intrapresi, infatti, due programmi di studio e analisi dell'isola: FogQuest e Warka Water hanno valutato la penisola sudoccidentale di Haiti, con

più precisione la zona compresa tra gli epicentri dei due terremoti disastrosi, come altamente promettente con una raccolta di acqua media di 5.5L/mq al giorno.

Nell'elaborato è stata presa in esame l'emergenza dei terremoti applicata alla complessa realtà di Haiti, ma la scelta non costituisce una specificità per la realizzazione del progetto: lo schema dell'insediamento e il prototipo di integrazione del collettore sono perfettamente applicabili in tutti i contesti di emergenza che rispondono alle necessità climatiche. Il progetto, infatti, viene realizzato con l'intenzione di presentare una linea guida adattabile a diverse situazioni con la necessità di essere verificata ed implementata.

Lo studio proposto ha l'obiettivo di progettare un prototipo di collettore di nebbia che permetta l'integrazione della fog harvesting ai campi di fortuna con lo scopo di limitare l'impatto negativo del fabbisogno idrico nelle situazioni di emergenza. L'intenzione è quella di ridurre a livelli minimi il trasporto dell'acqua per mezzo di camion cisterna o infrastrutture di altro genere, favorendo, quindi, le dinamiche logistiche e diminuendo drasticamente i costi, pur mantenendo invariato il quantitativo di acqua utile a soddisfare le necessità all'interno dell'insediamento. È stata in presa in esame la tenda Multipurpose, progettata dal Politecnico di Milano con la collaborazione di IFRC e prodotta da Ferrino, anche se l'intenzione principale è quella di fornire un sistema adattabile, in futuro, a tutte le tipologie di tende di primo soccorso. La progettazione dell'insediamento ha seguito tutti gli standard minimi richiesti dalle organizzazioni non governative tra cui UNHCR e IFRC.

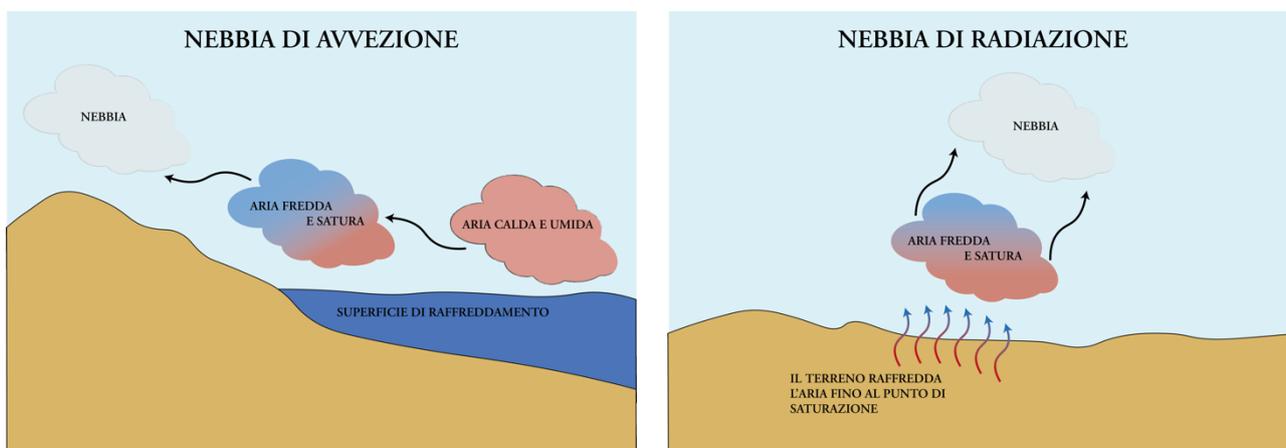
L'elaborato e il progetto si pongono come finalità quella di proporre un quadro completo delle possibilità di applicazione dei fog collector in relazione al luogo, al clima e alle condizioni di emergenza, comprendendo una visione disincantata dell'attualità al cui servizio vengono messe l'ingegneria e l'architettura.

# CAPITOLO 1 - FOG HARVESTING

## NEBBIA

**Nébbia** s. f. [lat. *něbŭla*]. – Ammasso di goccioline d’acqua aventi diametro di qualche millesimo di millimetro, e quindi leggerissime, che si formano in prossimità del suolo o sopra il mare e i laghi o lungo i fiumi per condensazione di vapor d’acqua, diminuendo in misura più o meno sensibile la visibilità.<sup>1</sup>

I diametri delle goccioline di nebbia variano tipicamente da 1 a 50 nanometri<sup>2</sup> e provengono dall’acqua persa attraverso l’evapotraspirazione, creando masse di aria umida sulla terra o sul mare. Esistono vari tipi di nebbia che vengono classificati in base al loro processo di formazione: la nebbia di avvezione si verifica spesso sopra l’oceano, dove l’aria umida a contatto con le acque fredde forma nuvole a bassa quota che vengono poi sospinte verso la costa dal vento; la nebbia di radiazione, invece, si verifica nell’entroterra durante la notte poiché il terreno che si raffredda provoca la condensazione del vapore acqueo nell’aria sopra di esso. Indipendentemente dalla tipologia, purché si verifichi la formazione di nebbia, deve esserci la presenza di aria satura e un abbassamento della temperatura che porti la massa di aria al di sotto del punto di rugiada.



*Fig 1.1 Schemi relativi alla formazione di nebbia*

In alcune zone della terra sono presenti quelle che vengono definite oasi di nebbia, ovvero località che sono caratterizzate dalla formazione di nebbia avveztiva, ideale per la raccolta dell’acqua attraverso i fog collector. Purtroppo non esiste un database e una mappatura di queste oasi, gli unici dati e riferimenti riguardano le localizzazioni dei progetti concreti.

<sup>1</sup> <https://www.treccani.it/vocabolario/nebbia/>

<sup>2</sup> Domen J. K., Stringfellow W. T., Camarillo M. K., Gulati S., *Fog water as an alternative and sustainable water resource*, 2013, p. 2

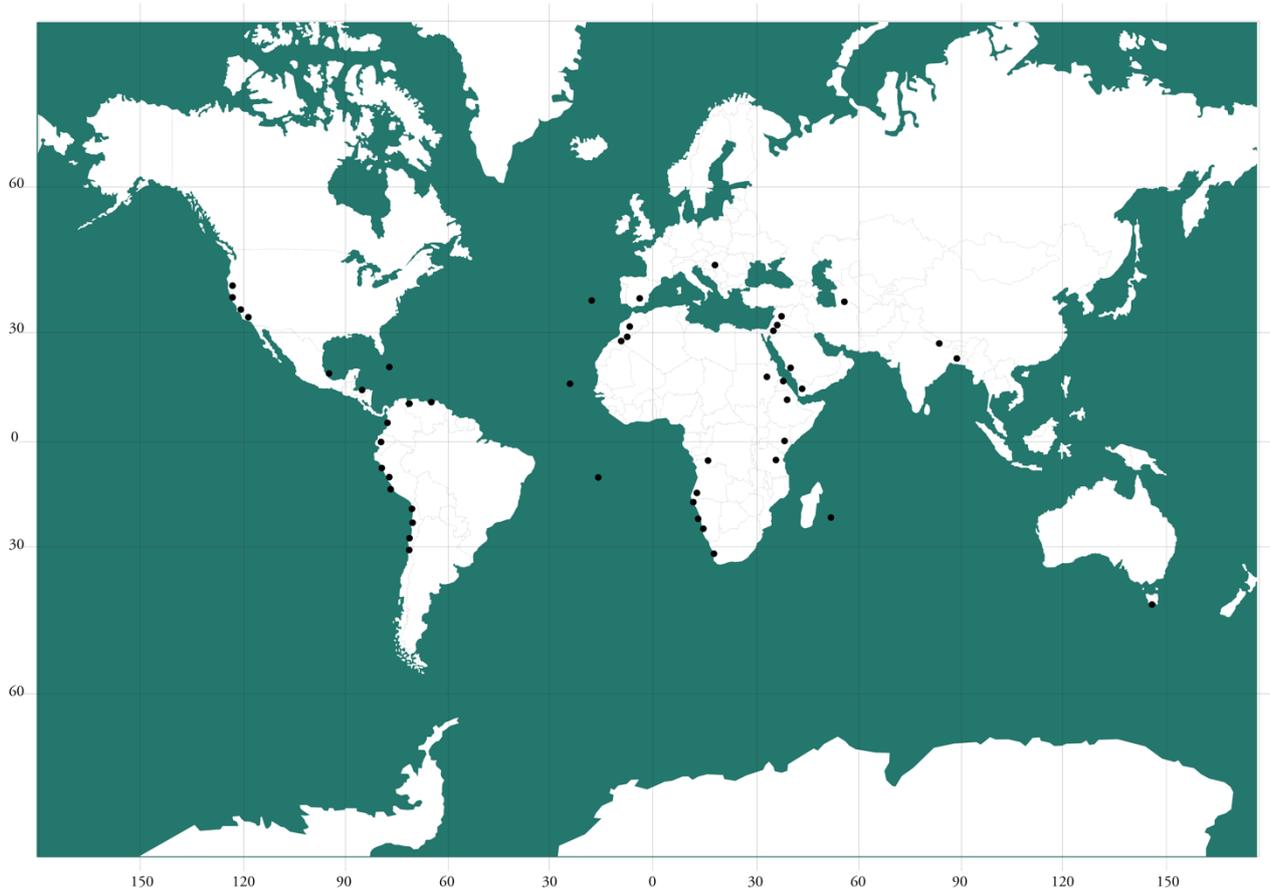


Fig 1.2 Mappa dei progetti di fog harvesting

## FOG HARVESTING IN NATURA

*'Fog is a vital source of moisture in many coastal ecosystems throughout the world'*.<sup>3</sup> Nei bacini idrografici costieri della California, dominati dalle foreste di sequoie, si stima che circa il 34% dell'apporto idrico annuo totale provenga dalla nebbia che gocciola dalle sequoie; queste ultime, per prosperare durante i mesi estivi quando le precipitazioni possono scendere da 240 a meno di 25 mm al mese, si sono adattate a raccogliere l'acqua nebbiosa. Durante i mesi estivi più secchi, le sequoie richiedono circa 600 l/giorno di acqua e in parte, fino al 40%, proviene dalla nebbia. Il gocciolamento della nebbia è vitale anche per gran parte delle specie animali e vegetali che compongono il sottobosco; talvolta attingono fino al 100% del loro fabbisogno di acqua dalla trasformazione della nebbia sulla chioma degli alberi.

Allo stesso modo, nelle zone in cui le precipitazioni sono quasi nulle, piante e animali si sono adattati, per sopravvivere, a raccogliere l'acqua nebbiosa: sulla base delle stime del World Wildlife Fund, è nota l'esistenza di circa 500 specie di piante, circa 70 specie di mammiferi conosciute, circa 90 specie di uccelli, circa 100 specie di rettili, molte specie di ragni, scorpioni e altri piccoli artropodi. Le piante e gli animali del deserto hanno adattamenti speciali: strutture e morfologie uniche li aiutano nella raccolta dell'acqua dall'ambiente. Alcune piante possono sopravvivere coltivando radici che raggiungono le

<sup>3</sup> Domen J. K., Stringfellow W. T., Camarillo M. K., Gulati S., *op. cit.*, p.2

profondità del sottosuolo per trovare fonti d'acqua sepolte e hanno foglie che sono modellate in spine che riducono al minimo la perdita d'acqua, ne sono un esempio i cactus che hanno steli spessi e carnosi che li aiutano a immagazzinare acqua. I cammelli sopravvivono nei deserti caldi raccogliendo acqua e grasso corporeo nelle loro gobbe. Lucertole, serpenti e altri rettili hanno una pelle squamosa e impermeabile che gli permette di non sudare e quindi di non perdere liquidi.

I cactus vivono e sopravvivono comunemente nelle regioni aride in quanto, essendo piante grasse, sono caratterizzati da parti spesse, carnose e gonfie che sono adatte a immagazzinare acqua e minimizzarne la perdita. Mooney et al.<sup>4</sup> hanno riferito che alcune specie di cactus usano la nebbia come fonte supplementare di acqua: la presenza di spine coniche e di raggruppamenti di spine favorisce l'intrappolamento delle particelle d'acqua dalla nebbia. Le goccioline si raggruppano sulle punte delle piccole spine e, una volta raggiunta la dimensione critica, si spostano lungo la spina fino al raggiungimento del corpo del cactus dove vengono assorbite.

Altre specie vegetali adattate a raccogliere l'acqua dalla nebbia includono *S. sabulicola*, un'erba endemica del deserto del Namib, la cui peculiarità è data dalla forma delle foglie con delle microscopiche creste longitudinali. Le goccioline d'acqua vengono intrappolate nelle creste e poi fatte defluire lungo il fusto della foglia fino alla base dove vengono assorbite.

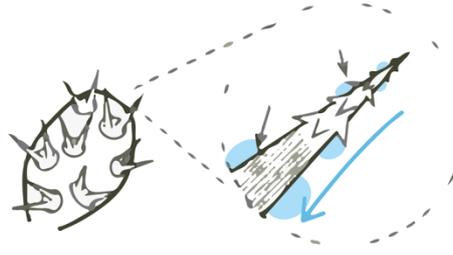
Il muschio del deserto, il *Syntrichia caninervis*, è in grado di sopravvivere in regioni estremamente aride: questa pianta è unica perché le sue superfici fogliari devono essere bagnate affinché avvenga la fotosintesi e le sue strutture simili a radici non raccolgono l'acqua dal terreno. Sulla punta di ogni esistono strutture simili a capelli lunghe 0,5-2 mm, denominate barbe o tricomi, che vengono utilizzate per raccogliere l'acqua dalla nebbia, dalla rugiada e dalla pioggia. Quando le goccioline diventano abbastanza grandi, si spostano verso la base della superficie fogliare.

---

<sup>4</sup> Mooney H. A., Weisser P. J., Gulmon S. L., *Environmental adaptations of the Atacaman Desert Cactus Oopiapoa baseltoniana*, 1977



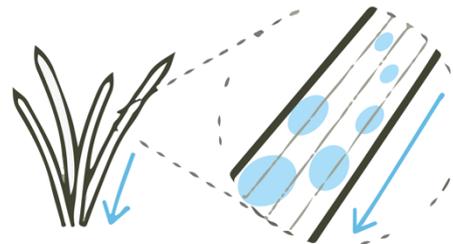
*Ferocactus latispinus*



Le gocce d'acqua si formano sulle barbe delle spine del cactus dove diventano più grandi e per effetto della gravità scendono fino alla base dove vengono assorbite.



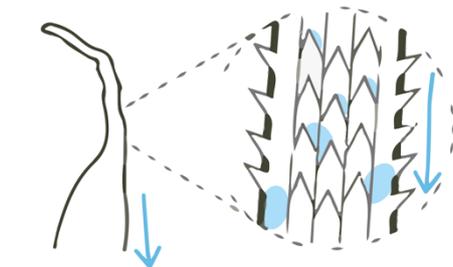
*Stipagrostis sabulicola*



Le gocce d'acqua vengono raccolte grazie a dei canali idrofilici che le portano fino alla base della pianta o eventualmente fino alle radici.



*Syntrichia caninervis*



Le gocce d'acqua vengono raccolte sulle barbe che fungono da piccolo deposito fino a quando raggiungono la corretta dimensione per defluire fino alla base della pianta inglobando altre piccole goccioline.

Fig 1.3 Schemi di raccolta acqua di alcune piante desertiche

Il deserto del Namib nell'Africa meridionale è una delle regioni più aride del mondo con una piovosità media annua di soli 18 mm e non è raro vivere anni consecutivi senza alcuna pioggia. *Stenocara gracilipes* e *Onymacris unguicularis* sono due coleotteri originari di questa regione che sopravvivono grazie alla raccolta dell'acqua dalla nebbia. La prima osservazione di questo fenomeno nel deserto del Namib è stata effettuata da Hamilton & Seely<sup>5</sup>: i coleotteri emergono durante le nebbie notturne e, mentre sono orientati in direzione del vento, abbassano la testa per far aderire le particelle d'acqua al loro corpo. La parte posteriore di questo insetto comprende una serie casuale di protuberanze di circa 0,5 mm di diametro distanziate di 0,5-1,5 mm l'una dall'altra; le protuberanze sono lisce e idrofile, mentre l'area circostante è ricoperta da una speciale cera micro-strutturata idrofobica: questa combinazione di elementi permette l'adesione e la successiva crescita delle goccioline di acqua nebbiosa. Quando la dimensione delle goccioline raggiunge i 4-5mm, il loro peso raggiunge il valore critico per superare le forze di capillarità facendole scivolare nella parte idrofobica che funge da scivolo fino alla bocca del coleottero. Gurera & Bhushan<sup>6</sup> hanno verificato, con esperimenti in laboratorio, che le superfici super-

<sup>5</sup> Hamilton W. J., Seely M. K., *Fog basking by the Namib desert beetle, Onymacris unguicularis*, 1976

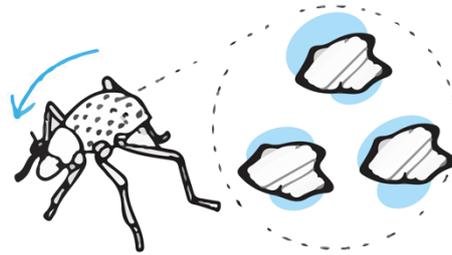
<sup>6</sup> Gurera D., Bhushan B., 2019, *Bioinspired conical design for efficient water collection from fog*

idrofobiche con punti super-idrofile aumentano la raccolta dell'acqua nebbiosa rispetto alle superfici piatte con punti di bagnabilità omogenea.

Anche i ragni di tutto il mondo beneficiano della raccolta di acqua da nebbia grazie alle ragnatele: è possibile osservare il loro funzionamento durante le prime ore della giornata quando sono colme di rugiada. La natura igroscopica delle proteine contenute nella seta provoca la condensazione delle goccioline d'acqua e il rigonfiamento del filo di seta cilindrico. Questo cilindro d'acqua viene quindi rotto a causa dell'instabilità di Rayleigh dando luogo alla formazione di una struttura a "perline su una corda" con una serie di nodi periodicamente distanziati lungo il filo. Si ritiene che questa ricostruzione della struttura della tela e la successiva cattura dell'acqua siano vantaggiose per il ragno, poiché non solo fornisce una fonte di acqua potabile, ma si traduce anche in una migliore cattura delle prede grazie ai nodi gonfiati dall'acqua che possiedono un adesivo potenziato.



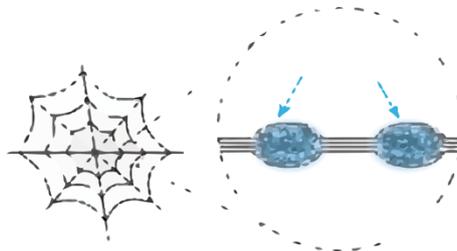
*Stenocara gracilipes*



*Le gocce d'acqua si formano sulle piccole gobbe idrofiliche e quando raggiungono la corretta dimensione scorrono lungo dei canali idrofobici fino alla bocca*



*Ragnatela*



*Le proteine contenute nella seta delle ragnatele permettono la formazione di gocce d'acqua equidistanti tra loro che con il crescere di dimensione tendono a diventare un'unica goccia posta nei nodi di giunzione.*

*Fig 1.4 Schemi di raccolta acqua di alcuni animali*

Gli ecosistemi che sopravvivono grazie alla presenza di nebbia, però, vengono messi a rischio dall'azione dell'essere umano; la deforestazione, ad esempio, influenza drasticamente il ciclo naturale della nebbia diventando una delle cause più preoccupanti di disastri naturali. Infatti, eventi catastrofici come incendi e frane, possono interrompere gli ecosistemi dipendenti dalla nebbia. *As more trees are removed, there is less surface area to intercept fog water and supplement annual rainfall, resulting in dry seasons that are unsurvivable for the remaining flora*<sup>7</sup>. Le interruzioni nel ciclo della nebbia dovute alla deforestazione possono avere impatti di lunga durata sul deflusso delle acque superficiali e sulla ricarica delle acque sotterranee dal gocciolamento della nebbia.

<sup>7</sup> Domen J. K., Stringfellow W. T., Camarillo M. K., Gulati S., *op. cit.*, p. 3

## FOG HARVESTING ARTIFICIALE

A partire dall'attenta osservazione della natura e dai cicli vitali che dipendono dalla nebbia, l'uomo ha iniziato a studiare e sviluppare sistemi utili alla raccolta di acqua proveniente dalla nebbia. Tali tecnologie sono state documentate soprattutto nelle zone aride e semiaride del pianeta. I metodi primitivi per la raccolta di acqua a partire dall'umidità atmosferica si dividono in due tipologie fondamentali: la prima riguarda la raccolta di acqua formata sulle foglie degli alberi; la seconda, invece, prevedeva la costruzione di strutture simili ai tumuli per intercettare le particelle di acqua dall'aria.

Gli abitanti delle isole Canarie utilizzano metodi simili da circa 2000 anni: agli inizi utilizzavano *fountain trees*<sup>8</sup> quali alloro, ginepro, pino o ulivo come fonte di acqua potabile sia per l'uomo che per gli animali; in alcuni casi veniva costruita direttamente ai piedi dell'albero una cisterna utile a raccogliere le gocce d'acqua che cadevano dalle foglie.



Fig 1.5 Fountain tree

In altre aree la raccolta della nebbia avveniva attraverso metodi più meccanici con la costruzione di strutture più efficienti rispetto alla chioma degli alberi. Resti di queste strutture rudimentali sono state trovate in aree desertiche del sud America e del mediterraneo, specialmente nell'Africa del nord e della penisola araba.<sup>9</sup>

La raccolta di nebbia è per lo più documentata a partire dal XVI secolo quando questa pratica venne utilizzata in Messico e nel deserto di Atacama. In questi luoghi sono stati

<sup>8</sup> Fessehaye M., Abdul-Wahab S. A., Savage M. J., Kohler T., Gherezghiher T, Hurni H., 2013, *Fog-water collection for community use*, p. 2

<sup>9</sup> Scharnke M. R., Johannsen K., *ATRAPANIEBLAS Fog as a Drinking Water Resource*, 2010, p.19

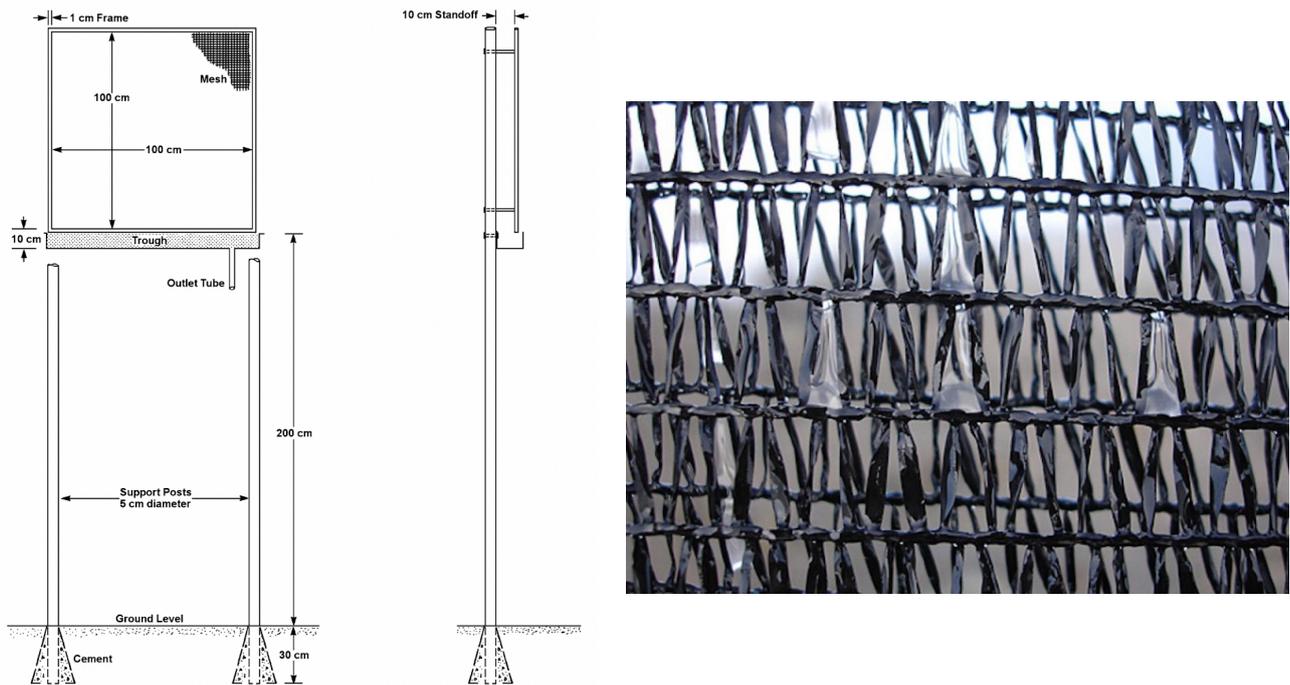
costruiti dei piccoli tumuli di pietre che durante la notte servivano a raffreddare l'aria carica di umidità per favorire la formazione di condensa per poi incanalarla e raccoglierla in piccole cisterne. Il Cile è stato considerato il paese pioniere della raccolta della nebbia. Nel 1987 è sorto il secondo più grande progetto operativo di raccolta dell'acqua: progettato dai ricercatori dell'Università Cattolica Nazionale del Cile e dell'International Development Research Centre of Canada, il complesso comprendeva un totale di 100 collettori di nebbia (ciascuno di 48 mq). Secondo i rapporti di progetto, grazie alla disposizione dei LFC studiata secondo i venti prevalenti, la raccolta di acqua variava da 0 litri/mq, nelle giornate serene, a 20 litri/mq, nelle giornate più produttive, fornendo a ciascuno dei 300 abitanti del villaggio una media di circa 33 litri di acqua al giorno.<sup>10</sup>

## FOG COLLECTORS

La procedura per selezionare i luoghi favorevoli alla raccolta di acqua ricavata dalla nebbia è stata resa standard durante gli ultimi decenni. Per creare un database oggettivo viene utilizzato lo stesso sistema di raccolta ovvero il collettore di nebbia standard (SFC) progettato da Schemenauer e Cereceda e costituito da un telaio di 1m x 1m rivestito da una rete Raschel. Il telaio viene posizionato a 2 metri di altezza dal suolo e collegato ad uno scolo speciale che impedisce l'ingresso dell'acqua piovana per la misurazione della quantità di acqua di nebbia effettivamente raccolta. Il collettore deve essere montato con la mesh posta perpendicolarmente alla direzione prevalente del vento in modo da massimizzare il quantitativo di nebbia che la attraversa. La rete dello SFC è tipicamente realizzata in rete Raschel in polietilene o polipropilene. I primi esperimenti di raccolta della nebbia con più tipi di mesh e design hanno portato alla scelta della Raschel a base di polimeri in quanto considerata il miglior materiale disponibile. Le reti Raschel, infatti, vengono utilizzate perché risultano estremamente efficienti nel catturare nebbia; sono risultate economiche; sono disponibili come materiale per uso alimentare; sono abbastanza resistenti da sopportare la forza del vento, il sole, la radiazioni UV e la pioggia; infine possono drenare rapidamente l'acqua. Normalmente la rete veniva utilizzata in strato singolo, però si è notato che quando il layer è stato raddoppiato per aumentare il potere di ombreggiamento, anche le prestazioni sono migliorate in quanto lo sfregamento delle maglie favorisce il deflusso dell'acqua.

---

<sup>10</sup> Fessehay M., Abdul-Wahab S. A., Savage M. J., Kohler T., Gherezghiher T, Hurni H., *op. cit.*, p. 3



*Fig 1.6 Standard fog collector e Raschel mesh*

Nel corso degli anni sono state effettuate numerose ricerche scientifiche per migliorare il design della mesh e della struttura dei fog collector. Oltre ad una maggior efficienza di raccolta si aspira a rendere migliori anche le caratteristiche di durata e drenaggio rispetto alla rete Raschel. Sebbene la Raschel sia molto comune, in quanto economica e globalmente diffusa come ombreggiante per l'agricoltura, non è sempre disponibile nelle quantità necessarie per la costruzione di impianti di fog collector. In questi casi si cerca di utilizzare un'alternativa che sia il più efficiente possibile e che sia facilmente reperibile: in alcuni casi sono state utilizzate come mesh delle reti ombreggianti per serre come l'Aluminet (una rete in polietilene ad alta densità rivestita in alluminio), oppure delle comuni mesh di zanzariere, o anche delle mesh tridimensionali studiate apposta per il fog harvesting. Non solo la reperibilità è un fattore decisivo sulla scelta del tipo di superficie drenante, ma anche le esigenze specifiche di ogni sito di progetto. In Sud Africa, per esempio, i venti burrascosi provocavano erosione e lacerazioni della Raschel; in risposta a questa problematica è stata studiata una soluzione alternativa utilizzando una rete in poliestere e acciaio in grado di resistere agli agenti atmosferici. In questi casi è preferibile sacrificare le prestazioni di raccolta a favore di una struttura più durevole che necessita minor manutenzione, in alternativa alla sostituzione della mesh di raccolta sarebbe stato anche possibile modificare la struttura portante del collettore, diminuendo la superficie dei singoli pannelli, rendendo, quindi, il dispositivo più stabile e meno suscettibile alla rottura.

Lo sviluppo di progetti nei quali vengono applicate reti bio-mimetiche per i collettori di nebbia può essere efficace nell'aumentare l'efficienza della raccolta della nebbia. Una di queste ispirazioni progettuali proviene dalla struttura delle foglie di *Cotula fallax*, una

pianta a ciuffo originaria del Sud Africa<sup>11</sup>. La disposizione gerarchica tridimensionale delle sue foglie, insieme alla sua idrofobia, consente alla pianta di raccogliere e incanalare efficacemente l'acqua nebulizzata verso il suo fusto. La struttura 3D degli impianti di raccolta della nebbia ha influenzato anche la progettazione di prototipi di mesh tridimensionali: le maglie 3D consentono di aumentare i rendimenti grazie alle maggiori superfici e all'efficacia nel drenaggio dell'acqua, sono anche più efficienti della maglia Raschel standard quando i venti soffiano parallelamente al collettore di nebbia. Tuttavia, il costo e la disponibilità delle mesh 3D possono essere proibitivi.

I collettori di nebbia che attualmente vengono utilizzati più frequentemente sono i Large Fog Collector (LFC) che hanno una superficie di raccolta compresa tra i 40 e i 48 mq e sono composti da una rete Raschel tesa tra due pali di sostegno ancorati al terreno. Si viene quindi a creare un naturale effetto vela che favorisce la concentrazione di nebbia al suo interno. Nella maggior parte dei casi studio esaminati il tasso medio di raccolta di acqua varia da 1 litro/mq al giorno fino a 10 litri/mq al giorno. Grazie alla semplicità di design, di manutenzione, di funzionamento e grazie al costo di costruzione relativamente basso, i LFC sono i collettori più diffusi in tutte le oasi di nebbia. Gli operatori non sono strettamente necessari grazie al funzionamento passivo della tecnologia. Tuttavia la manutenzione periodica è fondamentale per la riuscita della raccolta a lungo termine<sup>12</sup>.



*Fig 1.7 Large Fog Collector (LFC).*

---

<sup>11</sup> Domen J. K., Stringfellow W. T., Camarillo M. K., Gulati S., *op. cit.*, p. 9

<sup>12</sup> Domen J. K., Stringfellow W. T., Camarillo M. K., Gulati S., *op. cit.*, p. 7

## VARIAZIONI DEL DESIGN DEL COLLETTORE DI NEBBIA

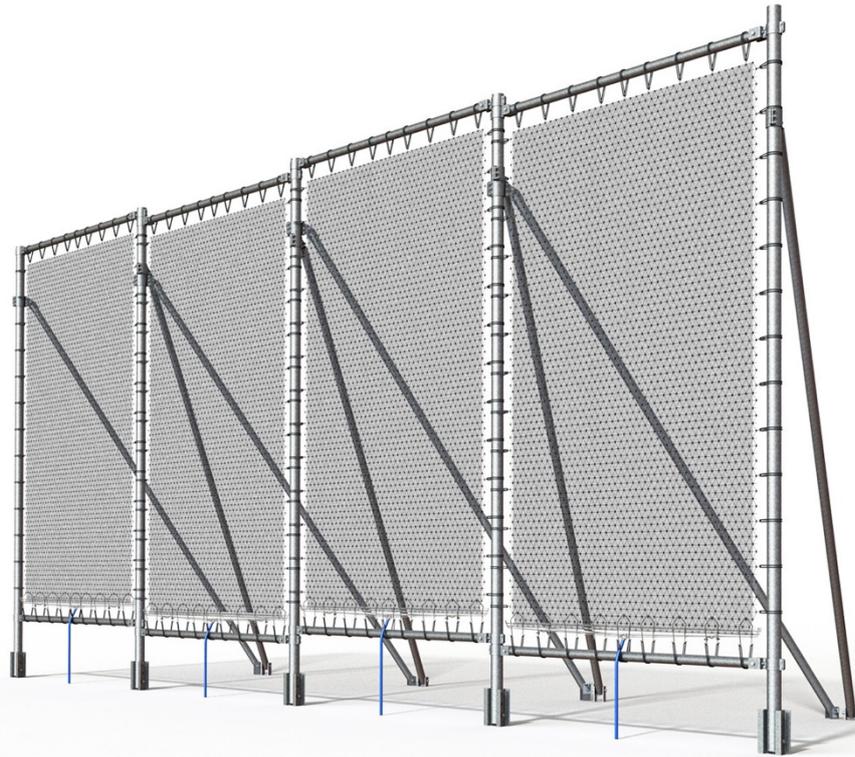
Sebbene la progettazione e l'implementazione dei collettori di nebbia sia cambiata molto poco, dall'introduzione dell'SFC, sono stati condotti studi pilota per determinare l'efficacia dei nuovi progetti.

I fog collector possono essere differenziati in due macro categorie: bidimensionali e tridimensionali. Tra i primi ci sono lo SFC, il LFC e il Vertical Fog Collector (VFC) progettato da Aqualonis; mentre tra i secondi si possono trovare le Warka Water, i box fog collector Recogedores de Aguas Atmosfericas (RAA) progettati da Nieblagua, l'Airdrip fog collector e l'Eiffel fog collector.

Il **VFC** può essere considerato come un upgrade del LFC: si tratta, infatti, di un collettore composto da una successione di cornici rigide di 8mq ciascuna. Questa caratteristica conferisce una maggior rigidità all'intera struttura diminuendo fortemente i danni da rottura per effetto vela nei momenti con raffiche di vento. Il collettore è stato testato con tre diverse mesh: la Raschel e due mesh tridimensionali di nuova generazione; le ultime due hanno un'efficienza migliorata del 18% e 36%, ma rispetto alla Raschel hanno un costo di produzione elevato. Come il LFC questo sistema bidimensionale deve essere posizionato in modo perpendicolare alla direzione del vento principale, quindi in località in cui i venti non sono stabili l'efficienza della raccolta di acqua diminuisce<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> <https://www.aqualonis.com>



*Fig 1.8 Vertical Fog Collector (VFC) prodotto da Aqualonis*

I fog collector tridimensionali hanno il vantaggio, rispetto ai loro predecessori, di essere in grado di intrappolare la nebbia da più direzioni nelle località in cui non è presente un vento principale con una direzione costante nel tempo.

Le **Warka Water** sono delle torri dell'acqua sviluppate in Etiopia e sono costituite da un telaio in bambù che sostiene all'interno una mesh in poliestere a rete. Pioggia, nebbia e rugiada condensano contro la rete e gocciolano lungo un imbuto in un serbatoio alla base della struttura. L'acqua raccolta viene poi protetta dall'evaporazione da una tettoia che ombreggia la sezione inferiore della struttura. Questo tipo di torre, essendo cilindrica, non ha una direzione del vento preferenziale: è, quindi, in grado di filtrare la nebbia proveniente da 360°, caratteristica che ne aumenta notevolmente l'efficienza. L'architetto italiano Arturo Vittori sta studiando un design migliorato delle Warka water che possa produrre fino a 100 litri di acqua al giorno per torre costruita<sup>14 15</sup>.

---

<sup>14</sup><https://www.engineeringforchange.org/solutions/product/warka-water-tower/#:~:text=The%20Warka%20Water%20Tower%20was,to%20harvest%20100%20L%2Fday;>

<sup>15</sup> <https://www.dezeen.com/2016/11/10/video-interview-arturo-vittori-warka-water-tower-ethiopia-sustainable-clean-drinking-water-movie/>



*Fig 1.9 Due tipologie differenti di Warka Water*

Differenti sono i box fog collector **Recogedores de Aguas Atmosfericas** (RAA) progettati da Nieblagua, ovvero delle strutture parallelepipedo di circa 4mx2mx0.8m, dove le facce principali sono orientate secondo la direzione del vento più persistente. A differenza dei collettori esaminati in precedenza, non viene utilizzata la rete Raschel, ma la comune rete zanzariera. L'elevata efficienza di questa tipologia, al pari della superficie di cattura, è data dal fatto che, grazie alla presenza di più strati drenanti, è in grado di raccogliere anche le goccioline di nebbia che oltrepassano il primo layer di rete. Un'altra caratteristica molto importante è la contenuta impronta al suolo di soli 1.60mq, che permette la costruzione di un grande impianto di raccolta anche con una piccola superficie di terreno disponibile. Come in quasi tutti gli esempi descritti, alla base di questi parallelepipedo è presente un contenitore di raccolta che viene collegato attraverso un sistema di tubi ad una cisterna di grandi dimensioni per lo stoccaggio dell'acqua<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> <https://www.nieblagua.com>

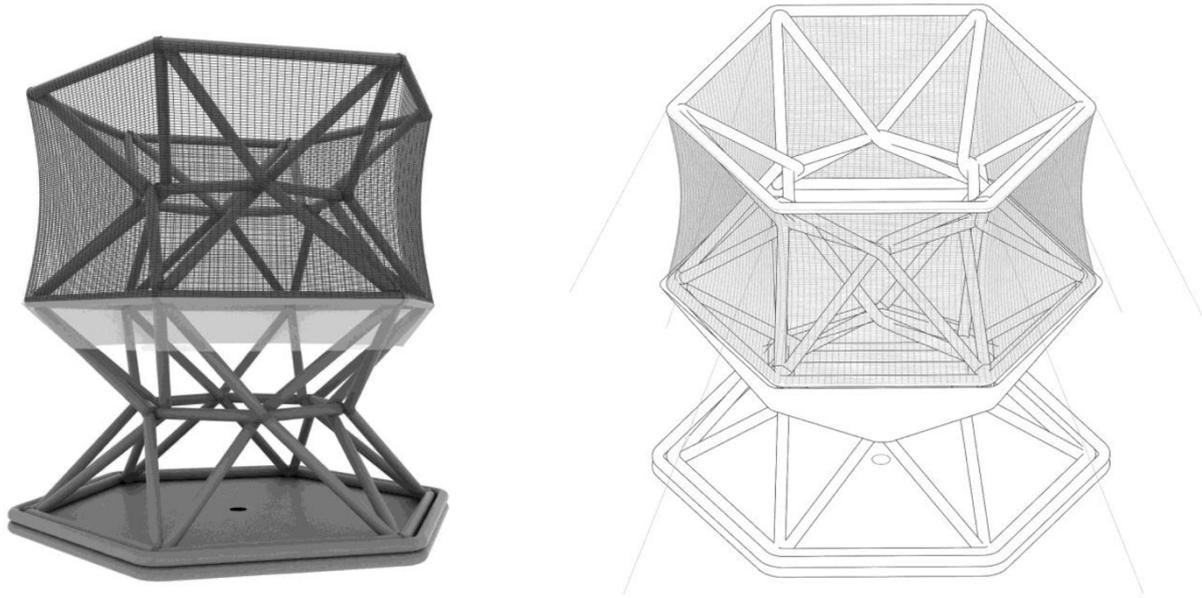


*Fig 1.10 Recogedores de Aguas Atmosfericas*

Caratterizzato da una struttura completamente differente vi è l'**Airdrip** fog collector. (CERRO GRANDE IN PEÑA BLANCA IN CHILE, COASTAL FOG, 8.5 KM DALLA COSTA A 622 M SLM) Questo collettore è provvisto di una struttura pneumatica facilmente montabile e smontabile, in quanto per la messa in opera bastano solamente due persone e circa 6 ore di lavoro. Gli studi effettuati propongono come mesh la rete da zanzariera di colore chiaro per favorire la condensazione delle particelle di acqua ed evitarne l'evaporazione. Questo collettore è altamente efficiente in quanto la sua forma esagonale gli permette di catturare la nebbia in modo uniforme a 360° indipendentemente dalla direzione del vento: ogni lato presenta una superficie utile di 3.57mq, fornendo un totale di 21.4mq e dagli studi effettuati in Cile la raccolta media è di 52.2 l/giorno e quindi 2.4 l/mq/giorno<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> Suau C., Zappulla C., AIRDRIP® *Pneumatic Fog Collector for Rural and Urban Environments in Arid Lands*, 2015



*Fig 1.11 Airdrip fog collector*

Stando alle ricerche e ai test effettuati, il collettore con la miglior resa ed efficienza è l'**Eiffel** fog collector, il cui design è relativamente semplice: si tratta, essenzialmente di un doppio LFC con Raschel mesh (con coefficiente di ombreggiamento pari al 50%) distanziate di circa 30 cm; la caratteristica fondamentale che lo rende estremamente efficiente è che nella parte interna sono state agganciate delle strisce di rete ruotate di 45 gradi. Si viene quindi a creare una struttura tridimensionale in grado di funzionare anche in caso di vento non perpendicolare ai due strati principali. Le due mesh parallele misurano 4mx8m, quindi con una superficie di cattura di 32mq ciascuna. I dati rilevati sono stati estremamente positivi, con una raccolta di circa 280 l/mq/giorno, rispetto a 28l /mq/giorno di un LFC, a cui è stata ridotta la superficie da 48mq a 32mq per eguagliare il modello studiato, posizionato nello stesso sito di raccolta, si tratta quindi di una produzione di acqua potabile quasi 10 volte superiore. Con tali premesse il collettore "Eiffel" è stato definito come il miglior progetto basato su semplicità, riproducibilità, robustezza e resa idrica per impronta al suolo<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Lummerich A., Tiedemann K., *Fog farming: linking sustainable land management with ecological renaturation in arid areas by means of reforestation* in Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development, University of Hamburg, October 6-8, 2009, p. 3



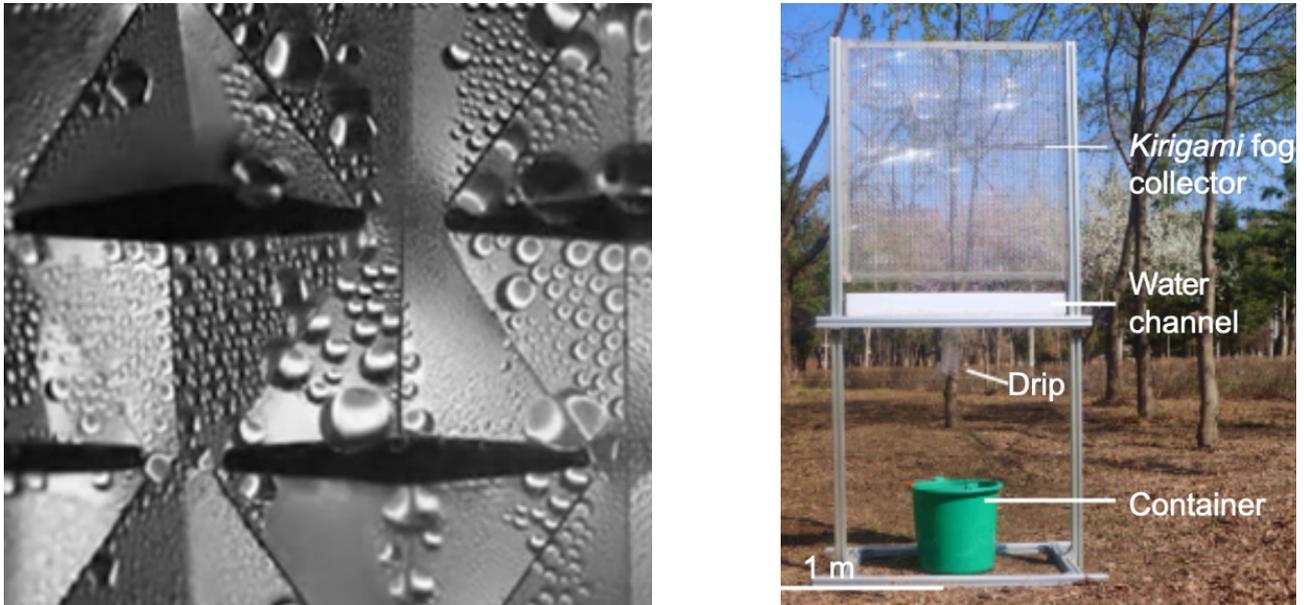
*Fig 1.12 Eiffel fog collector*

## FOG COLLECTORS SPERIMENTALI

Ogni giorno vengono studiati e progettati nuove mesh e nuovi fog collector: ne sono degli esempi il kirigami fog collector, il copper cylindrical fog cage e il collettore di nebbia a effetto corona provocato da elettrodi.

Il **kirigami** è una tecnica orientale di intaglio e piegatura della carta per ottenere forme tridimensionali a partire da un unico foglio, senza asportare pezzi. Il significato del termine deriva dal giapponese "kiru" = tagliare e "kami" = carta). Questa tecnica consente all'artista di enfatizzare la presentazione visuale dell'opera salvaguardando la semplicità e la pulizia delle linee. Il kirigami viene solitamente realizzato eseguendo dapprima tutti i tagli necessari, ottenendo in questo modo una base che viene quindi piegata e appiattita per ottenere il modello. I modelli sono solitamente simmetrici e possono rappresentare modelli geometrici, figurativi e strutture architettoniche. (Wikipedia) Questa tecnica è stata applicata ad un foglio di PET idrofobo in modo da creare una superficie su cui far condensare le particelle di acqua presenti nella nebbia; è stata studiata una forma piramidale in grado di creare dei microscopici vortici d'aria in cui le particelle di acqua

possono collidere tra loro dando vita a delle goccioline sempre più grandi che per effetto della gravità vengono raccolte nel gocciolatoio e poi nella cisterna<sup>19</sup>.



*Fig 1.13 Kirigami fog collector*

Di forma e concezione completamente differente è il **Cylindrical Fog Cage**, un collettore di nebbia cilindrico in rame: la struttura di questo dispositivo è composta da una serie di piccoli cilindri che formano una gabbia di forma circolare. Questa caratteristica permette di funzionare indipendentemente dalla direzione del vento, ma soprattutto permette di deviare al minimo la direzione delle particelle di aria cariche di umidità. La condensazione dell'umidità sul collettore è aumentata soprattutto dalla differenza di temperatura che può avere una superficie metallica rispetto a una superficie plastica come la mesh di Raschel. Sono stati fatti inoltre studi sulla possibilità di utilizzare un rivestimento idrofobo o idrofilo sui cilindri metallici: i risultati hanno evidenziato come il rivestimento idrofobo ha accentuato la produzione e concentrazione di gocce di acqua<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> Li J., Ran R., Wang H., Wang Y., Chen Y., Niu S., Arratia P. E., Yang S., *Aerodynamics-assisted, efficient and scalable kirigami fog collectors*, 2021

<sup>20</sup> Kwok R. K., *Fog Harvesting with Cylindrical Fog Cage*, 2022



Fig 1.14 Cylindrical Fog Cage (CFC)

Un'altra tipologia di fog collector è quello ad **effetto corona**. L'estrema differenza di questo dispositivo è che non è a funzionamento passivo. Necessita infatti di una fonte di elettricità per produrre acqua. Questo fog collector funziona attraverso la generazione di un campo elettrico tra due elettrodi che attrae le particelle di acqua presenti nella nebbia e le fa aderire ad una mesh che ne permette la raccolta. Questo sistema è stato testato solo in laboratorio e quindi con dimensioni della struttura relativamente piccole, però si stima che i quantitativi di acqua raccolti rispetto alla tradizionale Raschel siano circa 100-150 volte superiori. Tuttavia è da tenere in considerazione che la tecnologia dei fog collector viene utilizzata soprattutto in contesti estremamente poveri, lontano da centri abitati e di conseguenza dalle infrastrutture, o in presenza di emergenze, quindi la necessità di una fonte di energia elettrica per la raccolta di nebbia risulta essere un problema che deve essere ancora risolto<sup>21</sup>.

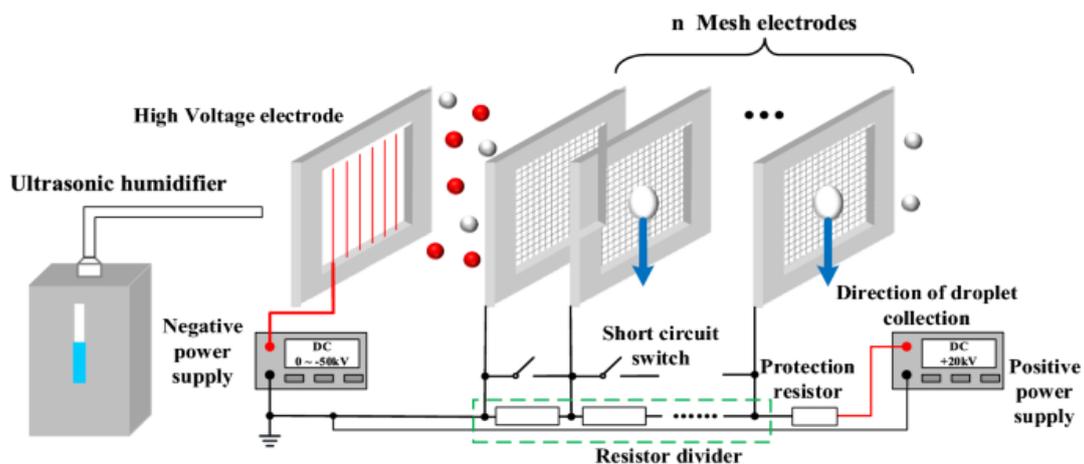


Fig 1.15 Fog collector ad effetto corona

<sup>21</sup> Li D., Li C., Li J., Yang W., Xiao M., Zhang M., Yang Y., Yu K., Pan Y., *Efficient Corona Discharge Fog Collector: Multiple Mesh Electrodes with Electric Field Enhances Fog Harvesting*, 2022



# CAPITOLO 2 - EMERGENZE

## LA DEFINIZIONE DI “DISASTRO”

Il termine disastro deriva dalle parole latine “dis” e “astro”, che significano cattiva stella: secondo un’antica credenza quando le stelle si trovano in una cattiva posizione sono presagio di eventi sfortunati. Il termine non definisce un episodio specifico, ma l’impatto di un evento naturale o artificiale che porta al danneggiamento degli esseri viventi e del loro ambiente, mettendo inoltre in pericolo la loro sopravvivenza.

I disastri naturali non sono causati dagli esseri umani, ma da trasformazioni geologiche o cambiamenti, repentini o meno, delle condizioni climatiche, che però possono essere influenzati dall’uomo; In generale, gli impatti ambientali, il più delle volte causati o accelerati dall’azione umana, facilitano il verificarsi di un disastro naturale.

Tali eventi possono essere suddivisi in tre gruppi specifici:

1. Disastri idro-meteorologici come inondazioni, tempeste, siccità, temperature estreme, frane e valanghe.
2. Disastri geofisici come terremoti, tsunami, eruzioni vulcaniche.
3. Disastri biologici tra cui epidemie e infestazioni.

In aggiunta ai disastri naturali esistono anche quelli completamente artificiali, ovvero i disastri tecnici, tra cui incidenti nucleari o chimici, e sociali, come guerre e terrorismo<sup>22</sup>.

*“In 2022, the Emergency Event Database EM-DAT recorded 387 natural hazards and disasters worldwide, resulting in the loss of 30,704 lives and affecting 185 million individuals. Economic losses totaled around US\$ 223.8 billion. Heat waves caused over 16,000 excess deaths in Europe, while droughts affected 88.9 million people in Africa. Hurricane Ian single-handedly caused damage costing US \$ 100 billion in the Americas. The human and economic impact of disasters was relatively higher in Africa, e.g., with 16.4 % of the share of deaths compared to 3.8 % in the previous two decades. It was relatively lower in Asia despite Asia experiencing some of the most destructive disasters in 2022.”<sup>23</sup>*

Il CRED, ovvero il Centro per la Ricerca sulle Epidemie e i Disastri, fornisce una definizione differente: descrive un disastro come *“una situazione o un evento che travolge le capacità locali, rendendo necessaria una richiesta a livello nazionale o internazionale di assistenza esterna; è un evento imprevisto e spesso improvviso che provoca grandi danni, distruzioni e sofferenze umane”<sup>24</sup>.*

Questo ente nel 1988 inaugurò l’Emergency Event Database con l’obiettivo principale di servire gli scopi dell’azione umanitaria a livello nazionale e internazionale: l’iniziativa mira a razionalizzare il processo decisionale per la preparazione alle catastrofi, oltre a fornire una base obiettiva per la valutazione della vulnerabilità e la definizione delle priorità.

---

<sup>22</sup> <https://www.design4disaster.org/disasters-2/>

<sup>23</sup> [https://cred.be/sites/default/files/2022\\_EMDAT\\_report.pdf](https://cred.be/sites/default/files/2022_EMDAT_report.pdf), p. 2

<sup>24</sup> [https://cred.be/sites/default/files/2022\\_EMDAT\\_report.pdf](https://cred.be/sites/default/files/2022_EMDAT_report.pdf), p. 2 (traduzione a cura del candidato)

L'EM-DAT contiene dati di base essenziali sull'occorrenza e sugli effetti di oltre 22.000 disastri di massa nel mondo dal 1900 ad oggi. Il database è compilato da varie fonti, tra cui agenzie delle Nazioni Unite, organizzazioni non governative, compagnie assicurative, istituti di ricerca e agenzie di stampa.

I disastri si verificano nel momento in cui i rischi si combinano con le vulnerabilità. Con il termine rischio si intende un *“potentially damaging physical event, phenomenon or human activity that may cause the loss of life or injury, property damage, social and economic disruption or environmental degradation”*<sup>25</sup>. Nella definizione sono incluse anche delle condizioni latenti che possono rappresentare una minaccia futura e che possono avere origini differenti: naturali o indotte da azioni umane.

Le vulnerabilità, ovvero *“the characteristics of a person or group in terms of their capacity to anticipate, cope with, resist and recover from the impact of a natural or man-made hazard”*<sup>26</sup> è molto spesso associata alle caratteristiche socioculturali in cui ci si trova. Elementi che determinano la vulnerabilità di un gruppo più o meno ampio di persone possono essere la stabilità politica, l'identità etnica, il ceto sociale, la povertà o l'isolamento geografico. In base a un gran numero di caratteristiche e variabili persone o gruppi di persone sono più o meno esposti ai rischi potenziali.

Per evitare i disastri, non potendo agire massicciamente sui rischi, è necessario diminuire al minimo le vulnerabilità affrontandone le cause prime, come il malgoverno, la povertà e il disomogeneo accesso della popolazione alle risorse.

## TERREMOTI

Una delle emergenze che caratterizza la maggior parte del globo è quella dei terremoti: ogni anno vengono registrati in media più di 900000 terremoti, ma fortunatamente la maggior parte di essi è caratterizzata da una magnitudo massima di 2.5 che è appena percettibile dall'uomo. In genere i grandi terremoti, con magnitudo superiore a 7, avvengono 15-18 volte all'anno, di questi solo 1 dovrebbe superare la magnitudo 8<sup>27</sup>.

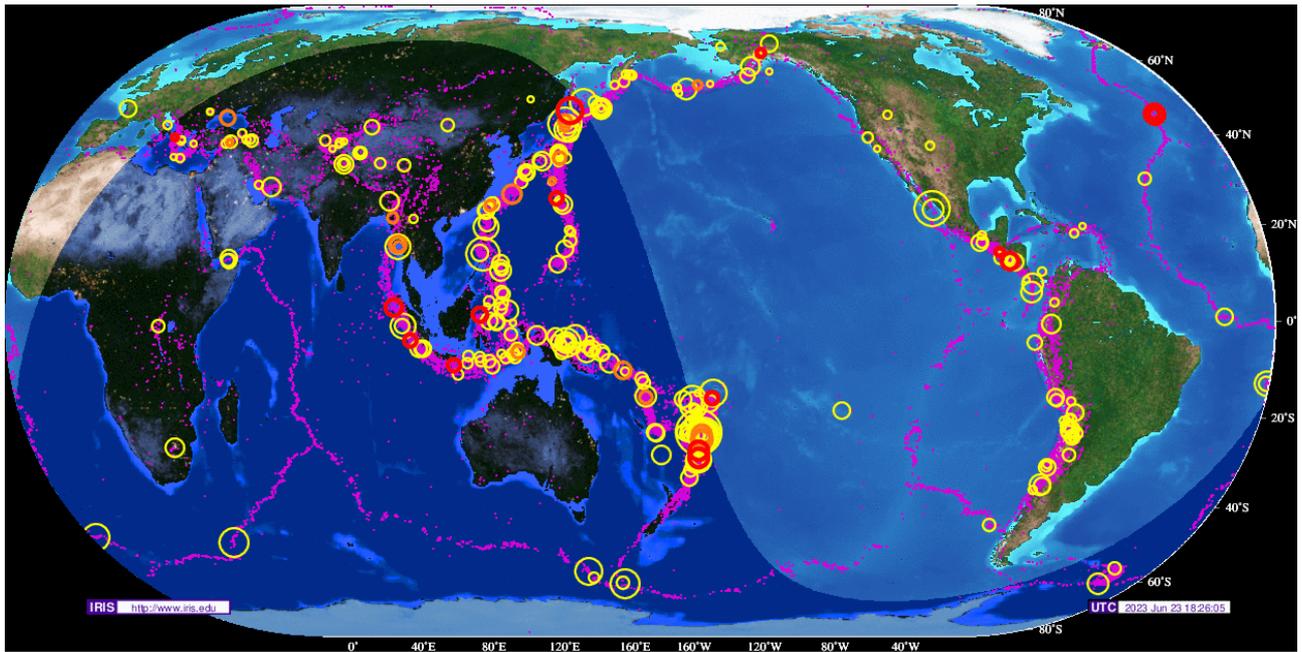
In geofisica, con il termine terremoto si intende una vibrazione o assestamento della crosta terrestre, provocato dal movimento improvviso di una massa rocciosa nel sottosuolo. Le placche tettoniche sono soggette ad un movimento molto lento, ma continuo; talvolta, quando sono a contatto tra di loro, tale spostamento viene bloccato meccanicamente, generando un'elevata quantità di energia potenziale. Nel momento in cui viene superato il limite di resistenza, noto anche come carico di rottura, si sprigiona una quantità enorme di energia elastica sotto forma di onde, dette onde sismiche, che si propagano nel suolo fino al raggiungimento della superficie generando danni e distruzione.

---

<sup>25</sup> Shelter Centre, *Transitional settlement and reconstruction after natural disaster*, 2010, p. 264

<sup>26</sup> Shelter Centre, *op. cit.*, p. 272

<sup>27</sup> <https://www.usgs.gov/faqs/why-are-we-having-so-many-earthquakes-has-naturally-occurring-earthquake-activity-been>; <https://www.mtu.edu/geo/community/seismology/learn/earthquakes-midwest-east/>



*Fig 2.1 Mappa sismica globale. Vengono utilizzati quattro colori: il rosso per i terremoti avvenuti nelle ultime 24 ore, l'arancione per la giornata di ieri, il giallo per elencare i terremoti avvenuti negli ultimi 14 giorni e il fucsia per la mappatura dei sismi degli ultimi 5 anni.<sup>28</sup>*

Per la misurazione e classificazione dei terremoti esistono diversi metodi: la scala MCS (Mercalli - Cancani - Sieberg), concepita ad inizio del XX secolo e scarsamente utilizzata, aveva lo scopo quantificare l'intensità di un terremoto, ovvero valutare i danni che un sisma provoca a persone, infrastrutture, territorio ed edifici in una particolare area. Si tratta di una scala di dodici gradi dove i primi cinque riguardano terremoti dal limitato impatto, avvertiti in maniera più o meno intensa dalla popolazione ma che non comportano danni o disagi. Dal VI al XII grado l'intensità è maggiore e sono presenti danni fisici: da lievi problemi strutturali agli edifici (per il sesto grado) fino alla totale distruzione di ogni opera realizzata dall'uomo nell'area (per il dodicesimo grado). La valutazione degli effetti visibili causati da un terremoto non è del tutto attendibile in quanto non ne rende oggettiva la classificazione: i danni riscontrabili sull'edilizia e sulle infrastrutture sono troppo legati alle tecniche di costruzione, alle caratteristiche dei materiali utilizzati, ma anche alla geomorfologia delle zone colpite dal sisma.

<sup>28</sup> Mappa fornita da IRIS e visionata il 23 giugno 2023 alle ore 18:26

I	Strumentale	Avvertita solo dagli strumenti
II	Debole	Avvertita da poche persone in condizioni particolari
III	Leggera	Avvertita da poche persone
IV	Moderata	Avvertita da molte persone
V	Piuttosto forte	Avvertita da molte persone, caduta di oggetti
VI	Forte	Qualche lesione agli edifici
VII	Molto forte	Lesioni agli edifici, caduta di tegole o comignoli
VIII	Distruttiva	Rovina parziale di alcuni edifici, vittime isolate
IX	Rovinoso	Rovina totale di alcuni edifici, molte vittime, crepacci nel terreno
X	Disastrosa	Crollo di parecchi edifici, molte vittime, grandi crepacci nel terreno
XI	Molto disastrosa	Distruzione di agglomerati urbani, maremoti, moltissime vittime, frane
XII	Catastrofica	Distruzione totale di ogni manufatto, maremoto, pochissimi superstiti

*Fig 2.2 Scala Mercalli – Cancani – Sieberg (MCS)*

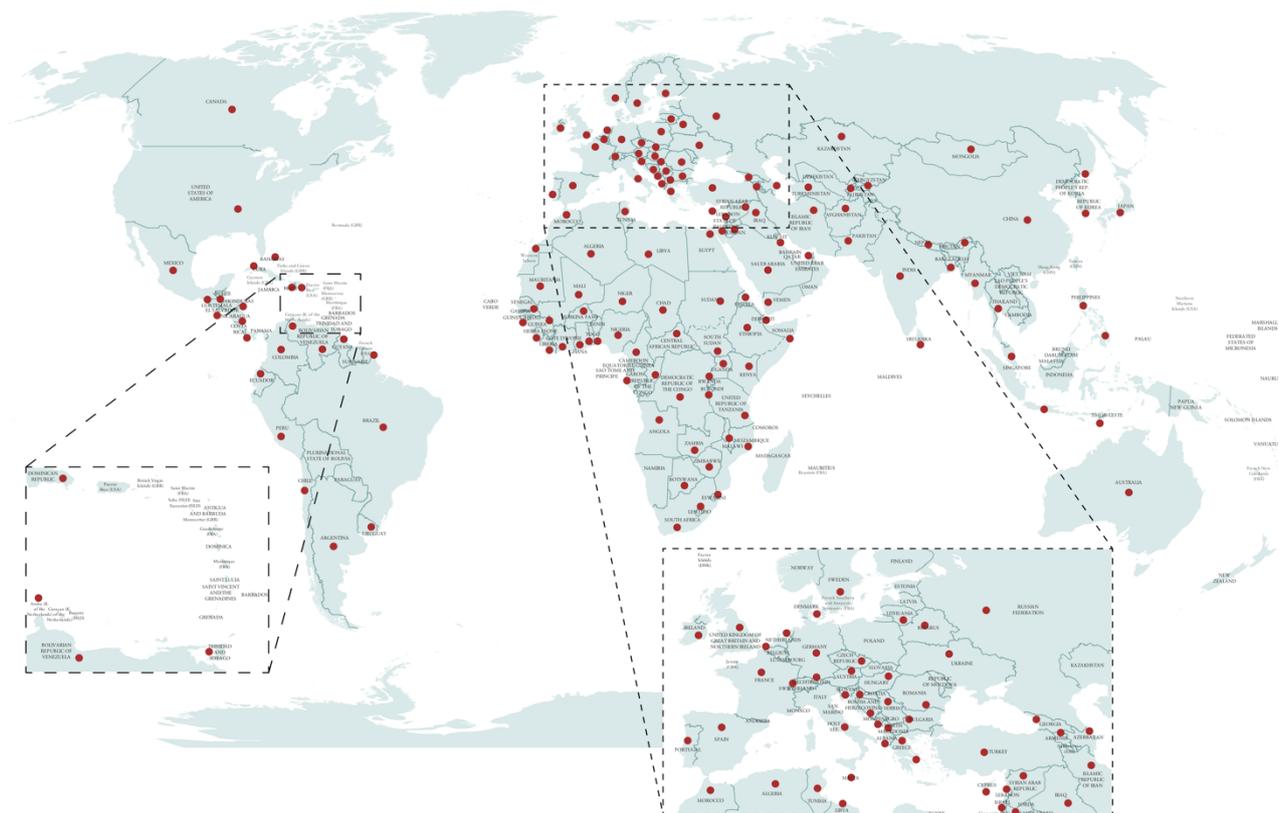
Per dare, invece, una valutazione oggettiva dell'intensità di un terremoto si utilizzano invece la scala Richter o la scala di magnitudo del momento sismico (aggiornamento della scala Richter avvenuto durante gli anni '70). Si tratta di due metodi matematici per il calcolo della magnitudo, ovvero dell'intensità dell'energia rilasciata durante il sisma. Queste scale, a differenza della MCS, non sono divise in fasce, ma forniscono dei valori numerici che sono fisicamente correlati alla natura energetica del fenomeno: essendo delle scale logaritmiche l'energia rilasciata da un terremoto, a cui è strettamente correlato il suo potere distruttivo, è proporzionale all'ampiezza di oscillazione elevata a  $3/2$ . Quindi, in termini di energia rilasciata, una differenza di magnitudo pari a 1,0 è equivalente a un fattore 31,6 ovvero  $(10^1)^{3/2}$ , mentre una differenza di magnitudo pari a 2,0 è equivalente a un fattore 1000, ovvero  $(10^2)^{3/2}$ . Un terremoto di magnitudo 4,0 è quindi pari a 1000 volte uno di magnitudo 2,0. Un raddoppio, invece, dell'energia rilasciata è rappresentato da un aumento di magnitudo pari a 0,2<sup>29</sup>.

Quando un terremoto si verifica in un'area popolata è probabile un alto rischio di mortalità per la popolazione ed eventuali danni materiali ingenti; il movimento del terreno durante un terremoto, però, è raramente la causa diretta di morti, infatti, la maggior parte dei decessi e degli incidenti derivano dal crollo di pareti o pavimenti; vetri volanti e oggetti che cadono a causa dello scuotimento del terreno. Gran parte dei danni causati dai terremoti è però prevedibile e prevenibile.

<sup>29</sup> [https://it.wikipedia.org/wiki/Magnitudo\\_\(geologia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Magnitudo_(geologia))

## RISPOSTA UMANITARIA

Per soddisfare la necessità di assistenza rapida ed efficace in caso di calamità naturali e non, associazioni umanitarie come UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees) e ICRC (International Committee of the Red Cross) hanno implementato un piano di salvaguardia globale. Oltre alle associazioni umanitarie, anche l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) agisce nel campo delle emergenze catalogando e classificando i Paesi in base alle loro situazioni sanitarie e alle cause delle emergenze in corso. L'importanza di una cultura di prevenzione e analisi del territorio ha spinto le ONG e le organizzazioni internazionali a produrre piani di intervento, con protocolli e linee guida, per risolvere situazioni di crisi causate da disastri naturali e non. Esistono due tipi di organizzazioni non governative: sono presenti quelle internazionali, che sono in grado di mobilitare spedizioni di aiuto in tutto il mondo, e quelle locali, che agiscono solo nel proprio stato in caso di catastrofe. Generalmente le ONG sono piuttosto autonome e indipendenti rispetto ai governi e tendono a specializzarsi nei diversi campi di emergenza per poter rispondere al meglio in caso di necessità. Il rischio più alto si manifesta nel momento in cui la popolazione è colta impreparata di fronte ad un'emergenza o ad un disastro di grande portata. Inoltre sono di vitale importanza la corretta gestione delle prime fasi post-crisi, la pianificazione e la prevenzione.



*Fig 2.1 Presenza mondiale di UNHCR*

## CAMPI DI EMERGENZA

Dopo un disastro la popolazione sfollata può essere aiutata con differenti modalità individuate dalle associazioni umanitarie in base alle possibilità e alle disponibilità presenti nelle località colpite. Le opzioni possibili sono:

1. Famiglie ospitanti: prevede l'accoglienza della popolazione sfollata all'interno delle abitazioni di famiglie locali, o su terreni o proprietà di loro proprietà.
2. Auto insediamento urbano: le popolazioni sfollate possono decidere di stabilirsi in un insediamento urbano, o in parti di esso non interessate dal disastro, occupando proprietà o terreni non reclamati, o stabilendosi in modo informale.
3. Auto insediamento rurale: l'auto insediamento rurale ha luogo quando le famiglie sfollate si stabiliscono su terreni rurali di proprietà collettiva, piuttosto che privata.
4. Centri collettivi: detti anche rifugi di massa, sono solitamente strutture di transito situate in strutture preesistenti.
5. Accampamenti autonomi: una comunità di sfollati o gruppi di sfollati possono stabilirsi nei campi, indipendentemente dall'assistenza del governo locale o della comunità umanitaria.
6. Campi pianificati: sono luoghi in cui le popolazioni sfollate trovano alloggio in siti appositamente costruiti e viene fornita un'infrastruttura di servizi completa.<sup>30</sup>

L'ultima opzione è quella tenuta in considerazione durante lo sviluppo delle riflessioni per la stesura di linee guida per la pianificazione di un campo di emergenza in grado di unire il tema della fog harvesting e del soccorso post-disastro. Per la progettazione di un insediamento di emergenza è fondamentale la scelta degli equipaggiamenti più efficaci, ovvero tende di primo soccorso e infrastrutture necessarie al corretto funzionamento dell'accampamento. Le persone rimaste senza abitazione hanno bisogno di un riparo che per essere considerato un rifugio, deve fornire sicurezza e protezione da attacchi esterni; implica la difesa dal clima e dalle condizioni esterne, ma anche la privacy delle persone ospitate. Fornire alloggi non significa solo fornire un riparo ai nuclei familiari, ma anche l'accesso a tutte quelle strutture necessarie per ricostruire la vita comunitaria. Sfortunatamente i soggiorni negli accampamenti possono essere di lunga durata: per questi motivi, il rifugio di emergenza dovrebbe essere adattabile a diverse crisi, luoghi e abitanti.

## TENDE DI EMERGENZA

Il design del rifugio di emergenza è condizionato dal contesto in cui il prodotto viene applicato: le caratteristiche sono legate alle ristrettezze economiche, alla necessità di produzione rapida e montaggio veloce; condizioni che hanno influenzato direttamente e in modo massiccio il processo progettuale e le scelte tecnologiche. Pertanto, requisiti fondamentali per i prodotti di emergenza sono: la disponibilità dei componenti sui mercati, l'economicità della produzione e del trasporto in loco, e il rapido assemblaggio.

---

<sup>30</sup> Barozzi M., *Bright connector: design of a multipurpose unit for emergency assistance*, 2014, p. 23

La necessità di essere applicato in diverse situazioni e diversi contesti geografici e culturali comporta l'adattabilità del sistema. Solitamente i ricoveri di emergenza sono progettati per essere utilizzati per un breve periodo di tempo; purtroppo, però, le situazioni di emergenza sono difficilmente prevedibili e spesso, da un breve periodo, la permanenza nel rifugio di emergenza si allunga. Per questo motivo il rifugio di emergenza non deve essere adattabile solo a diversi contesti morfologici, ma anche in grado di adeguarsi al mutare delle esigenze nel tempo. L'adattabilità si è resa fondamentale in quanto permette di utilizzare lo stesso sistema di protezione in situazioni estremamente differenti applicando piccoli accorgimenti e variazioni costruttivi.

La portabilità del manufatto edilizio consente la possibilità di spostarlo in luoghi diversi, peculiarità contrasta con gli aspetti architettonici tradizionali come stabilità, pesantezza e qualità statica. Per essere portabile l'architettura deve essere caratterizzata dalla leggerezza strutturale raggiungibile attraverso la reversibilità del sistema che consente il montaggio e lo smontaggio della soluzione più volte. La leggerezza dei prodotti di emergenza tiene conto anche del problema del trasporto in zone impraticabili, influenzando il peso finale, le dimensioni e la scelta dei materiali: la logistica è un aspetto importante della pianificazione dell'emergenza, le soluzioni devono essere facilmente assemblabili in ogni condizione (anche in caso di avversità climatiche), coinvolgendo spesso personale non specializzato.

Un altro tema fondamentale nell'ambito dei ripari di emergenza è la dimensione abitativa minima: la mancanza di privacy, le condizioni precarie e l'indigenza in cui si vive in un campo di emergenza possono generare effetti negativi sul comportamento delle persone, che oltre ad essere senza casa possono dover affrontare la perdita di parenti e persone care. Inoltre, il rispetto della privacy e della dignità è uno dei diritti umani fondamentali: il ricovero di emergenza deve essere progettato per garantire un minimo di spazio individuale.

Per far fronte a tutte le problematiche che sono state riscontrate durante il corso degli anni e delle emergenze, l'OCHA (Office for the Coordination of Humanitarian Affairs), un ufficio dell'ONU fondato nel 1991, ha definito degli standard per la progettazione di strutture di riparo, di cui i fondamentali sono tre:

1. Standard logistici: peso inferiore a 40-60 kg, piccolo volume di imballaggio;
  2. Standard fisici: la tenda deve fornire almeno 3,5-4,5 mq per persona, altezza adeguata, ventilazione, sicurezza antincendio, protezione da insetti e animali pericolosi, protezione dal caldo-freddo;
- Standard sociali: facilità di montaggio, assemblaggio modulare, privacy.<sup>31</sup>

## CASI STUDIO

### MULTIPURPOSE TENT

Il Textile Architecture Network (TAN) del Politecnico di Milano insieme a Ferrino SpA, partner commerciale che si è occupato della realizzazione della T2 - Multipurpose Tent, ha avviato una partnership sia per l'ottimizzazione del design della tenda che per la sua produzione. Il prodotto finale può essere utilizzato per molte funzioni e scopi diversi come

---

<sup>31</sup> Ashmore J., OCHA, *Tents A guide to the use and logistics of family tents in humanitarian relief*, 2004, pp. 44-48

deposito, ospedale, dispensario, scuola e ufficio. La procedura completa di progettazione del rifugio è stata eseguita seguendo vari requisiti come gli standard MSF, IRC e IFRC che sono ampiamente applicati nel campo dell'emergenza; ma soprattutto prestando molta attenzione ai requisiti indicati come Target Product Profile (TPP) per i rifugi e altri NFI (Non-Food Items) dall'UNICEF. L'area a terra della tenda è realizzata in tessuto PVC rivestito in poliestere e copre un totale di 48 mq, invece, per il resto del tessuto della tenda è stato utilizzato poli-cotone. Il telaio strutturale è composto da pali in alluminio con un diametro di 35 mm e uno spessore di 3 mm uniti tra loro con traverse in acciaio. La stabilità del sistema è assicurata da tiranti posti sui bordi e dal sistema di ancoraggio che fissa saldamente la tenda al suolo. Per essere adattabile a diverse zone climatiche in caso di necessità, nel kit tenda è disponibile separatamente uno strato ombreggiante aggiuntivo costituito da una rete in poliestere e altri divisori interni. La pensilina multiuso consente la possibilità di essere ripetuta tutte le volte che serve per motivi di flessibilità e usi diversi poiché possono essere collegate tra loro in lunghezza e larghezza. La tenda multiuso è disponibile in due dimensioni di 48 mq e 75 mq<sup>32 33</sup>.

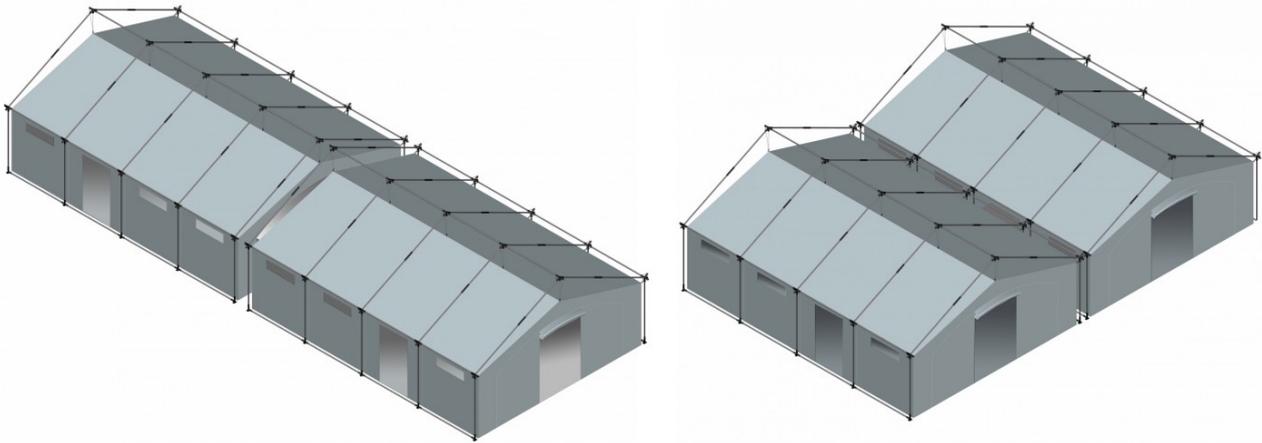


*Fig 2.3 Tenda Multipurpose*

---

<sup>32</sup> Viscuso S., Dragoljevic M., Monticelli C., Zanelli A., *Finite-element analysis and design optioneering of an emergency tent structure*, in Tensinet Symposium 2019, pp. 208-219

<sup>33</sup> <https://www.ferrino.it/en/shop-en/equipment/first-aid-line/tents/98080mww-high-performance-tent-48mq.html>



*Fig 2.4 Schemi di possibili unioni in un campo di emergenza*

## COCOON TENT

Il concept consiste in un alloggio abitativo completo fissato su qualsiasi elemento strutturale mediante cinghie in poliestere, permette di creare uno spazio ristretto e termicamente isolato per assicurare intimità e protezione. La scelta dei materiali è orientata verso componenti tessili isolanti e leggeri piuttosto che pannelli in schiuma, come un tessuto non tessuto di poliestere con spessore di 20 mm. La letteratura sulle coperture dimostra che i componenti strutturali (legno, moduli di profili in acciaio, bambù ecc.) e i teloni di plastica sono ampiamente recuperabili nei mercati locali e il loro uso è direttamente collegato alle pratiche di costruzione tradizionali. Tutti i concept progettati hanno presentato un punteggio di connettività elevato con le strutture fornite in altri kit di tende di emergenza grazie agli anelli che consentono la pretensione dei tessuti. La cocoon tent è anche collegabile al kit "Clever Roof", che funziona come rete ombreggiante nei climi caldi. L'attitudine della pensilina è quella di adattarsi alle costruzioni locali o comunque ad ogni struttura che consenta di appendere il tessuto mediante pochi accessori come funi e piccoli ancoraggi forniti all'interno dei relativi kit<sup>34</sup>.

---

<sup>34</sup> Viscuso, S., Zanelli, A., *Insulated membrane kit for emergency shelters: product development and evaluation of three different concepts*, *Procedia Engineering* 155, 2016, pp. 342-351



*Fig 2.5 Cocoon tent con schemi di montaggio*

## UNHCR - LIGHTWEIGHT EMERGENCY TENT

Questa tipologia di tenda fornita da UNHCR è una struttura in tela a doppio tessuto che può ospitare da 4 a 5 persone anche se non viene rispettato lo standard che richiede almeno 3,5mq a persona, raggiungendo un valore di 3,3mq a persona alla massima capienza. L'ingresso avviene attraverso due porte contrapposte sui lati corti che consentono un'agevole via di fuga in caso di incendio; l'aria circola attraverso prese d'aria e finestre schermate per impedire l'intrusione di insetti e animali portatori di malattie. Gli interni sono stati studiati anche per garantire la privacy: i progettisti hanno dotato ogni tenda di un tessuto opaco in grado di dividere lo spazio creando ambienti separati in base alle funzioni private che verranno svolte; la partizione può essere utilizzata anche per creare uno spazio semipubblico. Lo standard sociale è stato rispettato in quanto la tenda può essere montata e smontata velocemente e facilmente da due persone: la struttura è composta da semplici palin ad arco in alluminio che devono essere posizionati

parallelamente come in una serra da campo agricolo. In aggiunta è possibile anche collegare più tende tra di loro creando un tunnel di dimensioni doppie o triple<sup>35</sup>.



*Fig 2.6 UNHCR Lightweight emergency tent*

### ROFI RAPID 608 INFLATABLE TENT

La tenda ROFI RAPID 608 è un rifugio gonfiabile ad alta pressione e di peso medio che richiede un semplice supporto logistico per essere installata: è necessario un compressore di gonfiaggio, la cui potenza ne determina il tempo di installazione. La serie RAPID 600 è disponibile in tre diverse lunghezze di 6, 8 e 10 metri e una larghezza di 6 metri come standard; le tende possono essere collegate tra loro in lunghezza, come la tenda tunnel sopracitata, o trasversalmente; possono inoltre essere unite ad altri elementi come rifugi o veicoli speciali. La tenda è dotata di finestre a tre strati che consentono la ventilazione naturale e sono dotate di tende oscuranti arrotolabili sui lati esterni. Sia per i modelli a 2 porte che a 4 porte sono disponibili un telo interno RIS (ROFI isolante System), per

<sup>35</sup> <https://www.ferrino.it/en/shop-en/equipment/first-aid-line/tents/97058wfp-light-weight-emergency-tent.html>

condizioni climatiche particolari, pareti divisorie e doppiotetto; il pavimento in PVC protegge da acque superficiali, animali e insetti<sup>36</sup>.



*Fig 2.7 Rofi Rapid inflatable tent con esempio di unione trasversale a croce*

## RISORSE IDRICHE DURANTE LE EMERGENZE

L'acqua potabile è essenziale per la vita e la salute: le persone possono sopravvivere più a lungo senza cibo che senza acqua, pertanto la sua fornitura richiede un'attenzione immediata fin dall'inizio di un'emergenza profughi. L'obiettivo è garantire la disponibilità di acqua sufficiente per consentire una distribuzione continua e sicura da bere: devono essere assicurati adeguati sistemi di stoccaggio poiché le interruzioni nella fornitura possono essere disastrose. Per evitare la contaminazione, tutte le fonti d'acqua utilizzate dai rifugiati devono essere separate dai servizi igienici e da altre fonti di contaminazione: la sicurezza e la sanità deve essere garantita fino al consumo domestico.

Per precauzione è necessario sempre assumere sempre che tutta l'acqua disponibile durante un'emergenza sia contaminata, soprattutto se le fonti disponibili sono corpi idrici

<sup>36</sup> <https://www.rofi.com/rapid-608>

superficiali come laghi, stagni o fiumi. Se risulta che le fonti disponibili siano inadeguate in termini di qualità o quantità, diventa fondamentale utilizzare origini alternative e, in casi estremi, importare acqua nel sito tramite camion, chiatte, condutture o qualsiasi altro mezzo utilizzabile. Laddove anche i bisogni idrici più basilari non possono essere soddisfatti in sicurezza dalle risorse esistenti nel sito o nei suoi dintorni i rifugiati dovrebbero essere trasferiti in un luogo più adatto.

Un sistema di approvvigionamento idrico è un insieme di strutture necessarie per la produzione (raccolta, trattamento, stoccaggio) e distribuzione di acqua potabile ad un insieme di persone: si tratta di pozzi, gruppi di pompaggio, impianti di trattamento e stoccaggio, reti di condotte di distribuzione, punti di servizio e scharichi. I sistemi di approvvigionamento idrico per i rifugiati sono generalmente necessari per coprire il fabbisogno idrico delle persone che vivono nei campi o in ambienti rurali simili a villaggi in tutto il mondo. Per fornire un servizio adeguato, il sistema deve essere costruito in modo tale che tutti i suoi componenti siano appropriati, compatibili tra loro e in accordo con la capacità di produzione delle fonti idriche e la domanda idrica del campo. I requisiti per il funzionamento e la manutenzione di questo sistema dovranno essere tali da poter essere sempre facilmente soddisfatti con risorse disponibili localmente e al minor costo possibile: il sistema dovrà essere pianificato, progettato, realizzato e messo in funzione in tempi brevi. La complessità del compito richiede competenze professionali che dovrebbero essere ricercate all'inizio del progetto, sarà inoltre richiesta una notevole attenzione ai requisiti operativi e di manutenzione a lungo termine fin dai primi giorni di un progetto di costruzione di un approvvigionamento idrico per rifugiati<sup>37</sup>.

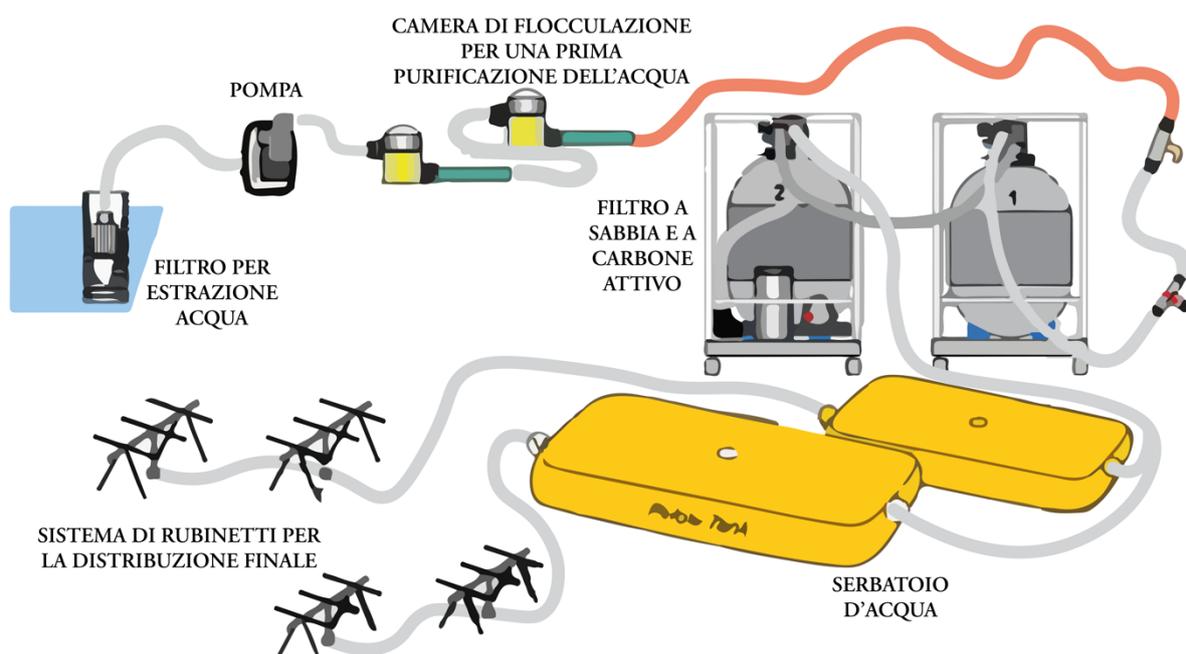


Fig 2.8 Schema tipo di un sistema di approvvigionamento idrico d'emergenza

<sup>37</sup> UNHCR, *Water manual for refugee situations*, 1992

Durante un'emergenza potrebbero essere necessarie misure a breve termine mentre il sistema di approvvigionamento a lungo termine è in fase di sviluppo o in attesa del trasferimento dei rifugiati in siti più idonei. Se le risorse idriche disponibili localmente non sono sufficienti per soddisfare i requisiti minimi dei rifugiati, devono essere presi accordi per portare l'acqua con camion o qualsiasi altro mezzo di trasporto pertinente; questo tipo di soluzione comporterà notevoli sforzi per sviluppare strutture adeguate ed economiche per il carico o lo scarico dei veicoli alla fonte o nei punti di distribuzione e richiederà un supporto logistico ben organizzato per l'intera operazione (strade, carburante o mangime per animali, ecc.). Se ciò non è possibile, i profughi devono essere trasferiti senza indugio in località migliori. Spesso, tuttavia, la quantità di acqua disponibile soddisfa i requisiti minimi iniziali e il problema maggiore diventa la qualità: si dovrebbe sempre presumere che l'acqua possa essere pericolosamente contaminata, a meno che non sia dimostrato il contrario da analisi dell'acqua pertinenti.

Durante i primi giorni di emergenza si tende ad utilizzare l'acqua più facilmente recuperabile: spesso si tratta di acqua di superficie, che però presenta una serie di controindicazioni in quanto è facilmente contaminabile da agenti esterni non controllabili.

È necessario, per ridurre al minimo le probabilità di inquinamento, allontanare il più possibile le latrine, gli spazi destinati al bucato e al lavaggio del corpo, e infine le zone di abbeveraggio di animali, se presenti. Se la fonte è un pozzo o una sorgente è importante recintarla e controllarla per impedire ai rifugiati di attingere acqua con contenitori individuali che potrebbero contaminarla. La miglior soluzione sarebbe quella di immagazzinare l'acqua in cisterne per mantenerla pura e per facilitare l'approvvigionamento da parte dei rifugiati.

Allo stesso tempo occorre agire anche sul fronte a lungo termine per consentire di avere uno stabile sistema di approvvigionamento idrico per l'intera durata dell'emergenza in grado di soddisfare tutte le esigenze della comunità. In base alla localizzazione del campo e alle disponibilità idriche dell'area circostante esistono diverse possibilità:

- Raccolta di acqua di superficie (laghi o fiumi); sconsigliata per le esigenze a lungo termine in quanto facilmente contaminabile. Necessita una continua e attenta analisi per scongiurare l'insorgere di epidemie all'interno del campo;
- Raccolta di acqua piovana; più sicura della precedente ma non costante nel tempo in quanto possono verificarsi periodi di siccità in base alle aree geografiche;
- Raccolta di acqua sotterranea (sorgenti o pozzi); da preferire alle altre soluzioni per sicurezza e per capacità di approvvigionamento.

### Acqua di superficie

L'acqua di fiumi, laghi, dighe, serbatoi o qualsiasi altro corpo idrico superficiale è raramente pura: è probabile che il suo uso diretto richieda misure di trattamento complicate da pianificare e attuare durante la maggior parte delle emergenze dei rifugiati. L'uso immediato e a lungo termine delle acque superficiali può essere problematico, specialmente nelle regioni in cui l'acqua scarseggia o le usanze o le leggi severe sull'uso dell'acqua regolano l'accesso all'acqua o ne limitano l'uso da parte di gruppi non locali. La

decisione di utilizzare l'acqua di superficie come fonte principale per i sistemi di approvvigionamento idrico dei rifugiati dovrebbe essere presa una volta che tutte le fonti alternative si siano dimostrate inefficaci nel fornire una base di approvvigionamento conveniente. La progettazione di un sistema ad acqua superficiale dovrebbe essere effettuata dopo aver acquisito una conoscenza approfondita della quantità e della qualità dell'acqua e averne valutato le variazioni periodiche; saranno necessarie misure di trattamento di emergenza, come lo stoccaggio, la filtrazione a sabbia e la clorazione e sarà essenziale il controllo fisico dell'accesso ai punti di presa.

### Acqua piovana

L'acqua piovana pura può essere raccolta dai tetti degli edifici o delle tende se questi sono puliti e idonei: tale metodo può essere la principale fonte di acqua solo in aree con precipitazioni adeguate e affidabili durante tutto l'anno. Pertanto, non è generalmente la soluzione nelle emergenze dei rifugiati. Tuttavia, dovrebbe essere fatto ogni sforzo per raccogliere l'acqua piovana e dovrebbero essere incoraggiati piccoli sistemi di raccolta, ad esempio utilizzando vasi di terracotta locali sotto i singoli tetti e grondaie. L'acqua piovana può essere un utile complemento ai bisogni generali, ad esempio attraverso raccolte speciali per i servizi della comunità come i centri sanitari o di alimentazione, dove la sicurezza dell'acqua è molto importante.

### Acque sotterranee

L'acqua sotterranea è l'acqua che occupa tutti i vuoti all'interno delle rocce appartenenti a particolari strati geologici. Le falde acquifere sono zone di rocce permeabili in grado di immagazzinare e far fluire acqua: possono essere sedimenti non induriti (limo, sabbia, ghiaia), rocce fratturate, rocce porose (lave fratturate, graniti o arenarie) o caverne. Anche se l'uso delle acque sotterranee durante le emergenze dei rifugiati sarebbe quasi sempre la soluzione preferita: se disponibile, le acque sotterranee di solito forniscono l'alternativa più conveniente per ottenere rapidamente la quantità necessaria e la migliore qualità. La quantità di acqua immagazzinata in una falda disponibile dipende da tre fattori:

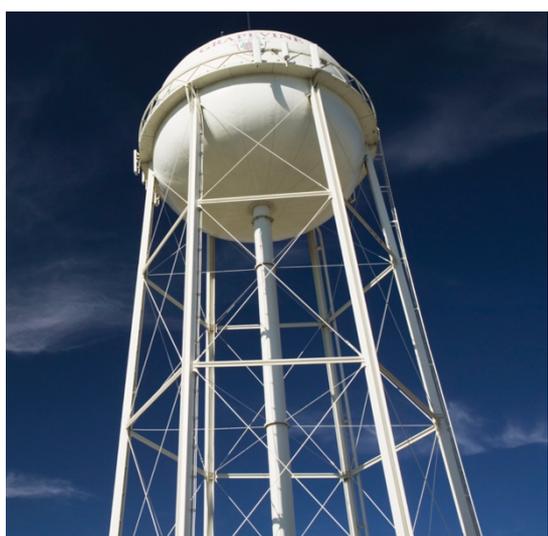
- Il bacino di ricarica, ovvero *“la superficie dalla quale proviene alimentazione al corpo idrico sotterraneo, costituita dall'area nella quale avviene l'infiltrazione diretta alle acque sotterranee delle acque meteoriche o dall'area di contatto con i corpi idrici superficiali (laghi, corsi d'acqua naturali o artificiali) dai quali le acque sotterranee traggono alimentazione”*<sup>38</sup>;
- Precipitazioni annuali e percentuale che si infiltra nel terreno che dipende dalla permeabilità del suolo, dalla topografia, dalla cementificazione e dall'uso del suolo;
- Capacità di stoccaggio degli acquiferi, la dimensione, la forma, la permeabilità e la porosità.

---

<sup>38</sup> <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/acqua/aree-ricarica-degli-acquiferi-profondi#:~:text=L%27area%20di%20ricarica%20di,con%20i%20corpi%20idrici%20superficiali%20>

Sebbene le sorgenti rimangano il metodo di sfogo naturale delle acque sotterranee più importante e ampiamente utilizzato, esistono molti modi artificiali per estrarre le acque sotterranee. Senza dubbio, il metodo più antico è l'utilizzo di pozzi verticali, contrapposto ai mezzi orizzontali di estrazione delle acque sotterranee che sono chiamati gallerie di infiltrazione e le loro forme variano da fossati aperti in alto a tunnel completamente sotterranei; i famosi qanat, molto comuni in Iran o in Pakistan, sono esempi di gallerie di infiltrazione.

In conclusione, durante un'emergenza in località dove il sistema idrico è assente o danneggiato e quindi non utilizzabile, la miglior soluzione auspicabile è quella di utilizzare fonti sorgive o acque di superficie adeguatamente trattate. In uno scenario peggiore, però, può diventare necessaria la costruzione di un pozzo per estrarre l'acqua dal sottosuolo. Esistono diversi kit che assolvono questo scopo e che possono essere utilizzati con l'ausilio di personale competente e di un rimorchio a quattro ruote motrici. Oxfam ha costruito un manuale utile per la costruzione di un sistema di approvvigionamento idrico di emergenza per fornire acqua potabile. Partendo da qualsiasi fonte idrica i passi successivi sono identici: è necessario costruire un sistema di pompaggio e di stoccaggio dell'acqua. Generalmente vengono utilizzate le water towers, ovvero delle grandi cisterne posizionate su un traliccio, caratteristica che permette la distribuzione fino ai rubinetti grazie alla gravità senza l'utilizzo di una pompa elettrica. In alternativa vengono utilizzati dei serbatoi metallici o costruiti in tessuto impermeabile e resistente alle interperie (pvc flessibile) combinati ad un sistema di pompaggio e di distribuzione per raggiungere tutti i rubinetti<sup>39</sup>.



*Fig 2.9 Water towers e serbatoio metallico*

<sup>39</sup> UNHCR, *Water manual for refugee situations*, 1992

## STANDARD IDRICI MINIMI

In una situazione di emergenza l'accesso all'acqua è importante tanto quanto la presenza di ripari per la gente; la distruzione di forniture idriche sicure e strutture igienico-sanitarie è considerata una delle principali cause di malattia a seguito di un disastro. Per l'indicatore di quantità di acqua necessaria per persona al giorno litri/persona/giorno, diverse organizzazioni raccomandano differenti quantità di acqua, comprese tra 10 e 20 l/p/d.

La tabella 1 mostra una panoramica dei diversi indicatori per la quantità di acqua per persona al giorno necessaria, utilizzati dalle seguenti organizzazioni: progetto Sphere, UNHCR, la Federal Emergency Management Agency (FEMA), il Corpo degli ingegneri dell'esercito degli Stati Uniti (USACE), il Stati Uniti (US) Environmental Protection Agency (EPA) e Office of Foreign Disaster Assistance (OFDA). Inoltre abbiamo trovato altri due riferimenti che riportano il fabbisogno idrico per persona al giorno. Nella pubblicazione *Drawers of Water, Domestic water use in East Africa*, Gilbert White, David Bradley e Anne White hanno descritto la relazione tra il fabbisogno minimo giornaliero di acqua, il clima e l'effetto dell'attività, concludendo che il fabbisogno minimo di acqua potabile per la sopravvivenza in un'area tropicale è compreso tra 1,8 e 3,0 l/p/d e che l'uso quotidiano di acqua varia da 10 a 20 l/p/d se fornita da un tubo domestico non interno alle abitazioni.<sup>40 41 42</sup>

	PROGETTO SPHERE	UNHCR	EPA	FEMA	OFDA	USACE
Fabbisogno di acqua potabile da bere (L/giorno per persona)	3 - 5	7	1.89	3 - 4	1.8 - 3	3 - 5
Fabbisogno idrico domestico (L/giorno per persona)	15	20	20.8	/	10 - 20	15-20
Quantitativi latrine comuni	20 persone per latrina	20 persone per latrina	/	/	/	/
Distanza massima tra rubinetti e abitazioni	500m	200m	/	/	/	/
Numero massimo di persone servite dallo stesso rubinetto	250	80 - 100	/	/	/	/

*Tabella 2.1 Tabella comparativa degli standard idrici minimi secondo diverse organizzazioni<sup>41</sup>*

<sup>40</sup> Progetto Sphere, *Manuale Sphere, Carta Umanitaria e Standard Minimi nella Risposta Umanitaria*, 2016, pp. 90-109

<sup>41</sup> De Buck E, Borra V., De Weerd E., Vande Veegaete A., *A Systematic Review of the Amount of Water per Person per Day Needed to Prevent Morbidity and Mortality in (Post-) Disaster Settings*, 2015, p. 3

<sup>42</sup> White G. F., Bradley D. J., White A. U., *Drawers of Water. Domestic Water Use in East Africa*, 1972



# CAPITOLO 3 - OASI DI NEBBIA E AREE SISMICHE A CONFRONTO

## FOG OASI E RISCHIO SISMICO GLOBALE

Il seguente capitolo si concentra sulla scelta di un luogo adatto alla buona riuscita del progetto: viene infatti effettuata una sovrapposizione dei luoghi in cui sono presenti le fog oasi, con quelli in cui è elevato il rischio sismico.

Per quanto riguarda la presenza di oasi di nebbia non esiste un database completo e omogeneo, possono però essere prese in considerazione tutte le località in cui sono stati condotti esperimenti e campagne di raccolta dell'acqua attraverso la nebbia.

### Sud e Centro America

Ampie sezioni della costa del Pacifico del Sud America ricevono solo quantità molto ridotte di precipitazioni. Nubi a strati bassi, ovvero che nascono tra la crosta terrestre e i 1200 metri, spesso si formano sopra l'acqua fredda dell'oceano e si spostano verso terra, portando la nebbia sulla costa. La fascia di vegetazione naturale di Loma, che oggi è in gran parte degradata o assente, si era ben adattata a queste condizioni di alta umidità e scarsa presenza di pioggia utilizzando l'acqua ottenuta dalla raccolta delle goccioline di nebbia. I progetti di raccolta della nebbia mirano a sostenere il rimboschimento, le attività agricole e fornire acqua fresca alla popolazione. I primi grandi collettori furono progettati e costruiti ad Antofagasta e nella regione di Coquimbo intorno a El Tofo dove sono stati installati 50 LFC da 48 m<sup>2</sup> di superficie di raccolta ciascuno.

Altri progetti in Cile sono stati realizzati a Padre Hurtado, fornendo acqua ai visitatori di una chiesa santuario; a Penñablanca, dove l'acqua della nebbia è utilizzato per il rimboschimento con alberi autoctoni e per l'educazione ambientale; a Falda Verde, fornendo acqua principalmente per i campi di Aloe Vera e in Alto Patache, che è un sito utilizzato principalmente come piattaforma per la ricerca sugli ecosistemi e sul clima.

In Ecuador, il potenziale della nebbia come risorsa idrica è stato studiato dagli anni '90. Per le regioni di alta montagna sono state identificate efficienze di raccolta molto ampie. Una grande raccolta di nebbia operativa è stata dichiarata Tojquia negli altopiani occidentali a 3300 m sopra il livello del mare. Ora ci sono 35 LFC installati che producono una media di 6300 L di acqua al giorno durante i mesi della stagione secca invernale. Nella stagione delle piogge, la resa idrica è ancora maggiore grazie alla raccolta dell'acqua piovana e dell'acqua nebulizzata.

Anche le isole nei Caraibi sono stagionalmente secche nel periodo da ottobre a marzo e, dove ci sono montagne che interagiscono con gli alisei di nord-est, può esserci una zona arida sul lato sottovento. Una buona valutazione è stata fatta nella Repubblica Dominicana e ad Haiti, e i tassi di raccolta della nebbia mostrano che i progetti su larga scala potrebbero

avere successo. In generale la costa occidentale del sud america, e anche di gran parte degli USA è caratterizzata dalla presenza di “coastal fog”<sup>43</sup>.

#### Africa

La fattibilità dell'utilizzo della raccolta della nebbia per integrare l'approvvigionamento idrico domestico in Sud Africa è stata studiata alla fine degli anni '60 e di nuovo nel 1995. Vari studi esplorativi in Namibia hanno mostrato che esistono alcuni siti con buone caratteristiche di raccolta di nebbia: Seely e Henschel hanno documentato la climatologia della nebbia nel deserto del Namib: hanno scoperto che la quantità e la qualità della nebbia nel deserto del Namib erano sufficienti per giustificare un progetto di raccolta della nebbia. In Eritrea ci sono circa 700 km di montagne lungo il Mar Rosso, dove i venti trasportano aria umida dal mare e formano avvezione e nebbia orografica sugli altopiani

Nello Yemen, nel 2003 è stato studiato il potenziale di raccolta dell'acqua di nebbia per la produzione di acqua dolce nelle montagne vicino a Hajja, a nord della capitale Sana'a e nell'entroterra del Mar Rosso.

Negli arcipelaghi della Macaronesia (Azzorre, Madeira, Isole Canarie e Isole di Capo Verde) e nell'Africa nordoccidentale esistono condizioni meteorologiche favorevoli per la raccolta dell'acqua di nebbia. La stazione Bica de Cana (1800 m sopra il livello del mare) a Madeira ha raccolto una quantità di circa 8 L/mq al giorno<sup>44</sup>.

#### Europa

Anche l'Europa meridionale è una regione con gravi problemi di risorse idriche. La combinazione di estati calde e secche con inverni miti e umidi, insieme a una forte pressione demografica, l'espansione delle terre irrigate e l'eccessivo sfruttamento delle falde acquifere ha portato alla scarsità d'acqua nella maggior parte dei paesi del bacino del Mediterraneo. Le catene montuose che superano i 500 m di altezza vicino alla costa e la presenza costante di venti marittimi che trasportano aria umida e nuvole forniscono condizioni favorevoli per la raccolta della nebbia. La Croazia è stato il primo paese in questa regione a raccogliere l'acqua nebulizzata.

In Spagna, una rete di raccolta della nebbia è stata mantenuta dal 2003 sul margine orientale della penisola iberica, coprendo un'area di quasi 800 km<sup>45</sup>.

Per quanto riguarda il rischio sismico, invece, è necessario prendere in considerazione la teoria della tectonica a placche, che vede la concentrazione di eventi sismici e vulcanici lungo i confini delle placche tettoniche. Come mostrato dal global earthquake model le zone a più alto rischio sismico sono dove avviene lo scontro tra le placche euroasiatiche e

---

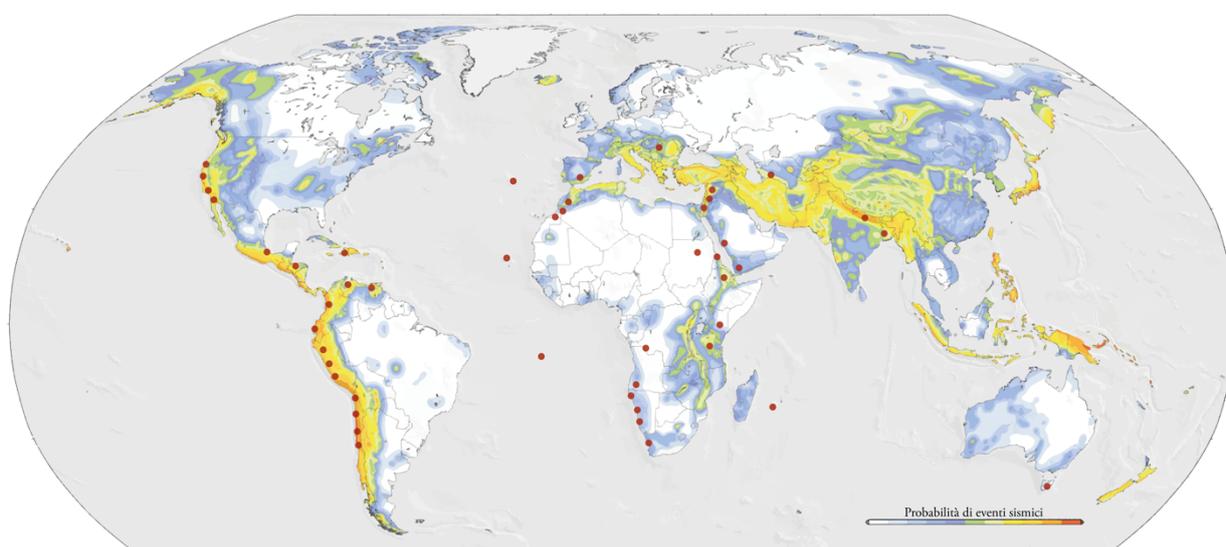
<sup>43</sup> Klemm O., Schemenauer R. S., Lummerich A., Cereceda P., Marzol V., Corell D., Van Heerden J., Reinhard D., Gherezghiher T., Olivier J., Osses P., Sarsour J., Frost E., Estrela M. J., Valiente J. A., Fessehay G. M., *Fog as a Fresh-Water Resource: Overview and Perspectives*, 2012, pp. 3-4

<sup>44</sup> Klemm O., Schemenauer R. S., Lummerich A., Cereceda P., Marzol V., Corell D., Van Heerden J., Reinhard D., Gherezghiher T., Olivier J., Osses P., Sarsour J., Frost E., Estrela M. J., Valiente J. A., Fessehay G. M., *op. cit.*, p. 5-6

<sup>45</sup> Klemm O., Schemenauer R. S., Lummerich A., Cereceda P., Marzol V., Corell D., Van Heerden J., Reinhard D., Gherezghiher T., Olivier J., Osses P., Sarsour J., Frost E., Estrela M. J., Valiente J. A., Fessehay G. M., *op. cit.*, p. 6

lungo al ring of fire. L'Anello di Fuoco è una regione intorno a gran parte del bordo dell'Oceano Pacifico dove si verificano molte eruzioni vulcaniche e terremoti; si tratta di una cintura a forma di ferro di cavallo lunga circa 40.000 km e larga fino a circa 500 km: comprende le coste del Pacifico del Sud America, del Nord America, la penisola russa di Kamchatka e alcune isole dell'Oceano Pacifico occidentale. L'anello di fuoco è un risultato diretto della tettonica a placche: in particolare il movimento, la collisione e la distruzione delle placche litosferiche sotto e intorno all'Oceano Pacifico. Le collisioni hanno creato una serie quasi continua di zone di subduzione, dove si creano vulcani e si verificano terremoti. Il consumo di litosfera oceanica a questi confini convergenti delle placche ha formato trincee oceaniche, archi vulcanici, bacini di retroarco e cinture vulcaniche. L'Anello di Fuoco contiene circa 750-915 vulcani (circa due terzi del totale mondiale) che sono stati attivi durante l'Olocene e più di 350 dei vulcani dell'Anello di Fuoco sono stati attivi in tempi storici. Circa il 76% dell'energia sismica della Terra viene rilasciata come terremoti nell'Anello di Fuoco. Circa il 90% dei terremoti della Terra e circa l'81% dei più grandi terremoti del mondo si verificano lungo l'Anello di Fuoco<sup>46</sup>.

La cintura sismica più grande del mondo, la cintura sismica circum-Pacifico, si trova lungo il bordo dell'Oceano Pacifico, dove si verificano circa l'81% dei più grandi terremoti del nostro pianeta. La cintura esiste lungo i confini delle placche tettoniche, dove le placche di crosta prevalentemente oceanica stanno affondando (o subducendo) sotto una placca continentale. I terremoti in queste zone di subduzione sono causati dallo scivolamento tra le placche e dalla loro rottura all'interno del mantello terrestre. I terremoti nella fascia sismica circum-pacifica includono il terremoto cileno di M9.5 [terremoto di Valdivia] (1960) e il terremoto di M9.2 in Alaska (1964)<sup>47</sup>.



*Fig 3.1 Sovrapposizione della mappa del rischio sismico globale con la presenza di oasi di nebbia*

<sup>46</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Ring\\_of\\_Fire](https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_of_Fire)

<sup>47</sup> <https://www.usgs.gov/faqs/where-do-earthquakes-occur#:~:text=The%20world%27s%20greatest%20earthquake%20belt,nickname%20%22Ring%20of%20Fire%22.>

## RISCHIO SISMICO AD HAITI

In particolare l'isola di Hispaniola si trova nei pressi di questa zona sismo-vulcanica: risente quindi di tutti gli spostamenti tettonici e degli eventi disastrosi che caratterizzano tutta la placca pacifica. Hispaniola è una delle Grandi Antille nel Mar dei Caraibi settentrionale, comprende sia Haiti che la Repubblica Dominicana e ospita 22 milioni di persone.

La situazione tettonica presente nell'area geografica di Hispaniola è abbastanza complessa: la placca caraibica, che si sposta verso est di circa 2 cm/anno rispetto a quella nordamericana, è suddivisa in almeno quattro micropiastre che consentono la transizione tra le placche principali. La subduzione della litosfera oceanica nordamericana sotto la placca caraibica passa dalla subduzione frontale nella fossa delle Piccole Antille alla subduzione obliqua nella fossa di Porto Rico, alla collisione obliqua nella fossa di Hispaniola e quindi allo scorrimento parallelo tra Cuba e la Giamaica.

La parte di subduzione situata a nord-est dell'isola è definita come zona di collisione obliqua in quanto l'elevato attrito tra la placca delle Bahamas e quella caraibica spinge e deforma la microplacca di Hispaniola settentrionale come una collisione continente-continente su piccola scala. La subduzione di questa crosta più spessa si traduce anche in un'estensione al confine tra le microplacche di Hispaniola e Puerto Rico-Isole Vergini, dove nel 1918 si verificò un terremoto di magnitudo 7.5.

Nelle zone di subduzione, ci si aspetta di trovare terremoti poco profondi vicino alla faglia e terremoti sempre più profondi man mano che la placca in subduzione avanza più in profondità nel mantello. In Hispaniola, questo schema è reso più complesso dalla presenza della faglia di spinta proveniente da sud dalla depressione di Muertos.

La subduzione della litosfera oceanica nordamericana sotto l'Hispaniola settentrionale è ad un angolo basso, quindi diventa quasi verticale fino a 200 km di profondità dove si verificano i terremoti più profondi. Non è noto, però, come le due placche oceaniche interagiscano in profondità. L'ultimo grande terremoto di magnitudo 7.9 sulla faglia di subduzione settentrionale si è verificato il 4 agosto 1946: si è scatenato a 20 km di profondità e ha provocato uno spostamento di 2 metri. Questo è probabilmente il più grande terremoto sul confine tra le placche dei Caraibi e del Nord America documentato negli ultimi 500 anni. Lo tsunami risultante è arrivato sulla costa nord-orientale della Repubblica Dominicana con onde alte da 2 a 5 metri ed è stato misurato da mareografi fino al New Jersey; l'acqua ha attraversato quasi un chilometro nell'entroterra e ha distrutto la città di Matancitas e diversi villaggi costieri provocando 1790 vittime.

Per quanto riguarda la parte orientale di Hispaniola, a causa delle poche registrazioni sismometriche iniziate solo qualche decennio fa, bisogna fare affidamento su documenti storici che narrano di terremoti caratterizzanti la faglia haitiana avvenuti negli ultimi secoli. Una serie di sismi estremamente disastrosi nella zona di faglia di Enriquillo è stata registrata dal 1751 al 1770 è stata seguita dal devastante terremoto di magnitudo 7 del 12 gennaio 2010. La storia limitata suggerisce un intervallo di ricorrenza di 240 anni per i terremoti maggiori. Attraverso analisi paleosismiche si può ipotizzare che nel corso degli

anni si siano accumulati 10 metri di sollecitazione e il prossimo grande terremoto potrebbe superare la magnitudo 8<sup>48</sup> 49.

Uno studio sulla pericolosità dei terremoti del 2007 di C. DeMets e M. Wiggins-Grandison ha rilevato che la zona di faglia Enriquillo-Plantain Garden potrebbe essere alla fine del suo ciclo sismico e ha concluso che una previsione del caso peggiore comporterebbe un terremoto di 7,2 Mw, simile a dimensioni al terremoto in Giamaica del 1692<sup>50</sup>.

## TERREMOTO 2010

Un catastrofico terremoto di magnitudo 7,0 ha colpito Haiti alle 16:53 ora locale di martedì 12 gennaio 2010. L'epicentro era vicino alla città di Léogâne, dipartimento dell'Ovest, a circa 25 chilometri di Port-au-Prince, la capitale. Entro il 24 gennaio sono state registrate almeno 52 scosse di assestamento di magnitudo minima 4,5. Si stima che circa tre milioni di persone siano state colpite dal sisma. Il governo di Haiti ha stimato che 250.000 abitazioni e 30.000 edifici commerciali sono crollati o sono stati gravemente danneggiati.

Il terremoto ha causato gravi danni a Port-au-Prince, Jacmel e in altre città della regione. Importanti edifici storici sono stati danneggiati o distrutti in modo significativo, tra cui il palazzo presidenziale, l'edificio dell'Assemblea nazionale, la cattedrale di Port-au-Prince e la prigione principale.

Molti paesi hanno risposto agli appelli per gli aiuti umanitari, impegnando fondi e inviando squadre di soccorso e mediche, ingegneri e personale di supporto per ripristinare i sistemi di comunicazione, le strutture di trasporto aereo, terrestre e marittimo, gli ospedali e le reti elettriche che sono stati danneggiati dal terremoto e che ostacolavano i soccorsi e gli aiuti. Il terremoto di magnitudo 7,0 Mw si è verificato nell'entroterra a circa 25 km sud-ovest da Port-au-Prince a una profondità di 13 km su faglie di spinta associate al sistema di placche Enriquillo-Plantain Garden e sono durate meno di 30 secondi. Sulla base dei dati sismologici, geologici e di deformazione del suolo, si ritiene inoltre che il terremoto non abbia comportato uno scivolamento laterale significativo sulla faglia principale di Enriquillo: si stima che lo spostamento sia stato di soli 30 cm, una deformazione molto piccola rispetto ai 10 metri di sollecitazione stimati attraverso le analisi paleosismiche.

---

<sup>48</sup> [https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/hispaniola\\_earthquakes\\_and\\_tectonics](https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/hispaniola_earthquakes_and_tectonics)

<sup>49</sup> [https://www.iris.edu/hq/science\\_highlights/untangling\\_the\\_rupture\\_of\\_the\\_2021\\_m7.2\\_earthquake\\_in\\_haiti](https://www.iris.edu/hq/science_highlights/untangling_the_rupture_of_the_2021_m7.2_earthquake_in_haiti)

<sup>50</sup> DeMets C., Wiggins-Grandison M., *Deformation of Jamaica and motion of the Gonâve microplate from GPS and seismic data*, Geophysical Journal International, Volume 168, 2007, pp. 362-378

Utilizzando la scala Mercalli modificata sono state registrate forti scosse di intensità IX (MM) a Port-au-Prince e nei suoi sobborghi. È stato avvertito anche in diversi paesi e regioni circostanti, tra cui Cuba (MM III a Guantánamo), Giamaica (MM II a Kingston), Venezuela (MM II a Caracas), Porto Rico (MM II-III a San Juan) e il confinante con la Repubblica Dominicana (MM III a Santo Domingo). Secondo le stime dell'US Geological Survey, circa 3,5 milioni di persone vivevano nell'area che ha subito un'intensità di scuotimento da MM VII a X, un intervallo che può causare danni da moderati a molto gravi anche a strutture resistenti ai terremoti <sup>51</sup>.

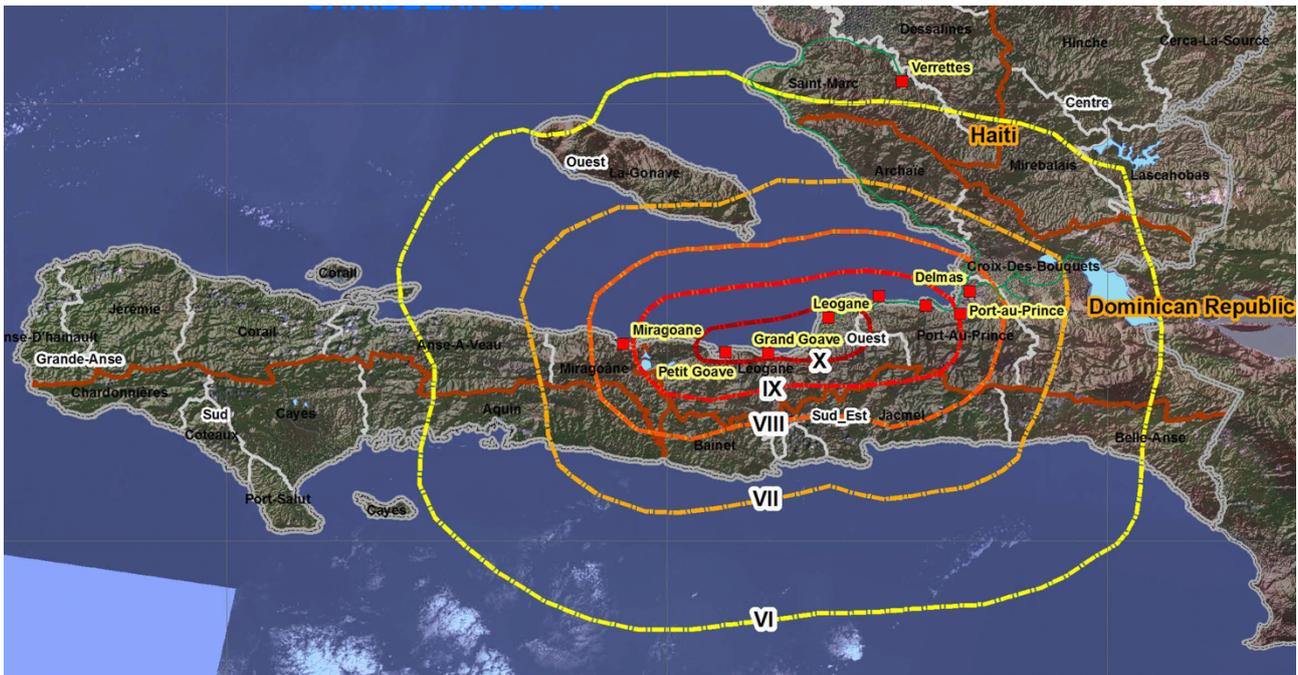


Fig 3.3 Mappa descrittiva del terremoto di Haiti del 01 gennaio 2010

## TERREMOTO 2021

Un terremoto di magnitudo 7.2 ha colpito il sud-ovest di Haiti il 14 agosto alle 8:30 ora locale. Il terremoto è avvenuto 13 km a sud-est di Petit-Trou-de-Nippes, nel dipartimento di Nippes, a circa 125 km a ovest della capitale Port-au-Prince. Si è verificato a una profondità di 10 km ed è stato seguito da una serie di scosse di assestamento, la più forte delle quali è stata di magnitudo 5,2. Agli eventi catastrofici si è aggiunta la depressione tropicale Grace ha attraversato Haiti lunedì 16 agosto, provocando inondazioni e frane: si stima che almeno 2,2 milioni di persone sono state esposte al terremoto, circa 2.100 persone sono morte e più di 12.000 sono rimaste ferite. Si tratta del terremoto e del disastro naturale più mortale del 2021, e anche la peggiore calamità che ha colpito Haiti dal terremoto del 2010.

Le aree più colpite si trovano nei dipartimenti di Sud, Nippes e Grand'Anse: gli arrondissement di Jérémie (dipartimento di Grand'Anse) e di Les Cayes (dipartimento del Sud) hanno registrato i maggiori danni alle infrastrutture. Almeno 650.000 persone hanno

<sup>51</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/2010\\_Haiti\\_earthquake#cite\\_note-DeMets-40](https://en.wikipedia.org/wiki/2010_Haiti_earthquake#cite_note-DeMets-40)

avuto necessità di assistenza umanitaria di emergenza, ovvero circa il 40% della popolazione dei tre dipartimenti interessati.

Più di 50.000 case sono state distrutte e oltre 70.000 sono state danneggiate nei dipartimenti di Sud, Nippes e Grand'Anse, lasciando migliaia di persone senza casa; sono stati segnalati anche gravi danni a edifici pubblici, inclusi ospedali e scuole<sup>52</sup>.

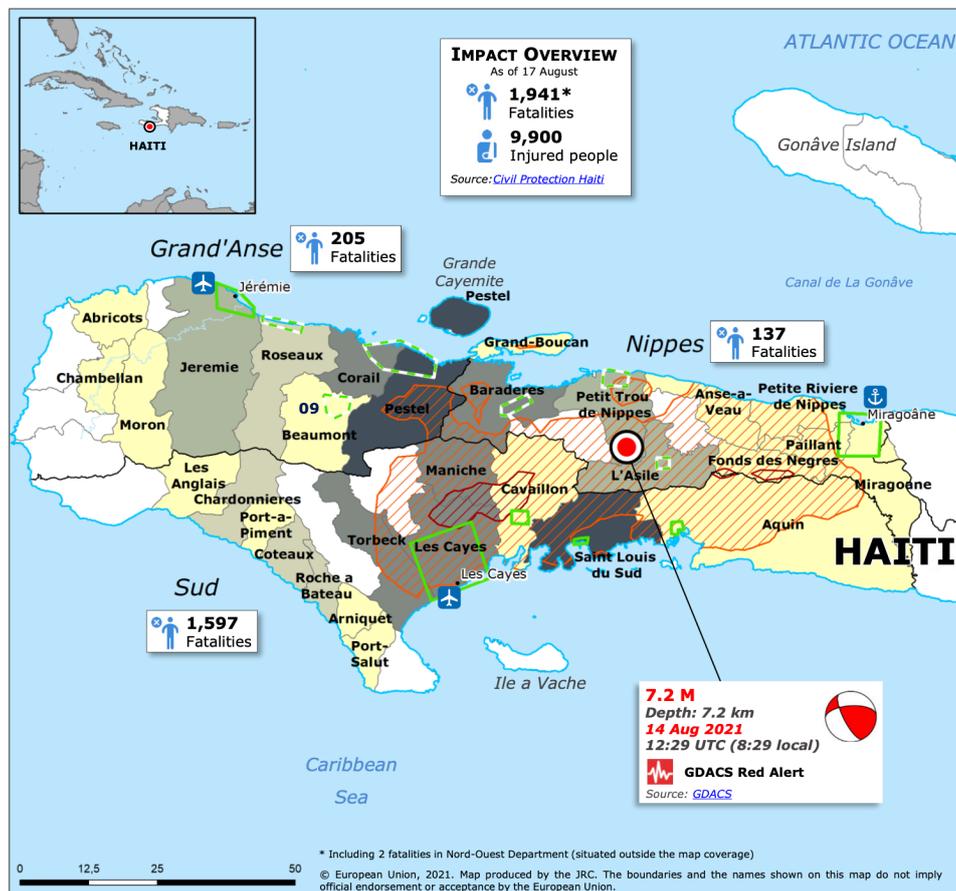


Fig 3.3 Mappa descrittiva del terremoto di Haiti del 14 agosto 2021

## FOG OASI AD HAITI

L'isola di Hispaniola è caratterizzata dalla presenza di nebbia di avvezione. È stata, infatti, scelta come località per due progetti di raccolta di acqua di nebbia. Il primo, portato avanti da fogQuest aveva un'enorme potenzialità, ma è stato costretto a fermarsi, insieme al lavoro di quasi tutte le altre ONG internazionali, nel 2002 a causa di disordini civili e grandi preoccupazioni per la sicurezza dei volontari. Tuttavia, la valutazione di buona qualità ha posto le basi per dei progetti di raccolta della nebbia.

Le famiglie e la scuola sull'altopiano di Salagnac, nel sud-ovest di Haiti, hanno ogni inverno una grave carenza d'acqua potabile: FogQuest ha collaborato con Oxfam Quebec per determinare quanta acqua potrebbe essere prodotta dai collettori di nebbia durante il

<sup>52</sup>[https://www.acaps.org/fileadmin/Data\\_Product/Main\\_media/20210820\\_acaps\\_thematic\\_report\\_haiti\\_earthquake\\_department\\_profiles.pdf](https://www.acaps.org/fileadmin/Data_Product/Main_media/20210820_acaps_thematic_report_haiti_earthquake_department_profiles.pdf)

periodo invernale secco sull'altopiano. Si tratta di un'area di circa 10 km<sup>2</sup> situata ad un'altitudine di 1000m, nella penisola sudoccidentale di Haiti. La valutazione è stata effettuata utilizzando collettori di nebbia standard (SFC) da 1 mq, costruiti in Cile e spediti ad Haiti. Nel novembre 2001 sono stati scelti dieci sotto-siti per l'installazione degli SFC che sono stati installati nei primi giorni di dicembre. I risultati per il periodo da dicembre 2001 a marzo 2002 sono stati molto buoni: le osservazioni mostrano una maggiore produzione di acqua con un'altitudine compresa tra 700 e 1000 m. I due migliori siti hanno avuto una media di 5,5 L/mq al giorno nel periodo di quattro mesi: l'acqua raccolta proveniva sia dalla nebbia di montagna sia dalla pioggia occasionale. Sulla base di queste misurazioni, un grande collettore di 50 m<sup>2</sup> produrrebbe 275 litri di acqua al giorno durante la stagione secca: acqua pulita sufficiente per tutte le esigenze domestiche di due famiglie<sup>53</sup>.

Il secondo progetto con elevate potenzialità è stato avviato nel 2017 da Warka Water Every Drop Counts. La localizzazione è simile, come lo sono i dati di raccolta. Lo scopo di questa ONG era quello di fornire acqua potabile ad un piccolo villaggio che non era, e non è tutt'ora, collegato alle infrastrutture dell'isola. La popolazione deve tutti i giorni prelevare l'acqua, spesso contaminata, dal fiume più vicino e portarla a piedi al villaggio attraverso delle taniche da 20L. Purtroppo, come FogQuest, gli operatori hanno dovuto abbandonare il progetto solo un anno dopo a causa di disordini politici e in seguito per la pandemia COVID 19<sup>54</sup>.



*Fig 3.4 Localizzazione dei progetti di fog harvesting ad Haiti e degli epicentri dei terremoti del 2010 e 2021*

<sup>53</sup> <https://fogquest.org/project-information/projects/haiti-salagnac-plateau/>

<sup>54</sup> <https://warkawater.org/haiti/>

# CAPITOLO 4 - INTEGRAZIONE FOG COLLECTOR NEI CAMPI DI EMERGENZA

## STANDARD MINIMI DI UN CAMPO DI EMERGENZA

UNHCR fornisce delle linee guida utili alla progettazione di un campo di emergenza a medio-lungo termine, ovvero un'infrastruttura in grado di fornire riparo e assistenza per un periodo superiore all'emergenza stessa. Ne è un esempio il campo di emergenza che è stato costruito nei pressi di Port au Prince ad Haiti dopo il terremoto del 2010: il campo, che era stato progettato per fornire la prima assistenza, si è trasformato in un vero e proprio quartiere della capitale. Solo dopo alcuni anni, quando tutti i suoi residenti sono potuti tornare alla loro normalità, è stato smantellato per fare posto a delle costruzioni più stabili e resistenti. Per definire gli standard esistono una serie di indicatori che devono essere rispettati:

- Spazio per persona
- Moduli urbanistici
- Servizi igienici
- Sistema idrico
- Servizi e infrastrutture

### SPAZIO PER PERSONA

Dovrebbe essere assegnata una superficie minima di 45 mq a persona. Saranno necessari 30 mq per la parte condivisa del campo, ovvero per strade, marciapiedi, strutture educative, servizi igienici, sicurezza, amministrazione, stoccaggio dell'acqua, punti di distribuzione, mercati, deposito di beni di prima necessità. I restanti 15 mq per persona sono assegnati ai singoli ripari e al terreno familiare che dovrebbe essere incluso nella planimetria fin dall'inizio. Secondo gli standard del Progetto Sphere lo spazio domestico coperto dovrebbe avere una superficie minima pro capite di 3.5 mq, aumentata a 4.5 – 5.5 mq nelle località con clima freddo.

### MODULI URBANISTICI

Per una maggiore facilità di progettazione del campo di emergenza è utile definire dei moduli di pianificazione urbanistica:

- Famiglia; composta generalmente da 4 a 6 persone e identificata da una tenda.
- Comunità; corrisponde a 16 famiglie e quindi a circa 80 persone.
- Blocco; equivale a 16 comunità, ovvero a circa 1250 persone.
- Settore; definito da 4 blocchi e 5000 persone.
- Insediamento; costituito da 4 settori e 20000 persone.

## SERVIZI IGIENICI

In un campo, durante le prime fasi di emergenza, dovrebbe essere presente un bagno ogni 20 persone. Dovrebbero anche esserci zone separate per servizi igienici maschili e femminili. Durante la progettazione di un campo di emergenza a medio-lungo termine, invece, dovrebbe essere previsto un bagno per famiglia. Oltre al numero di latrine per persona è necessario considerare le distanze dalle tende: devono avere una distanza massima di 50 m e minima di 6 m, per evitare problemi di odore e parassiti. All'interno dell'insediamento devono essere presenti delle zone destinate alle docce, separate in maschili e femminili. Il numero minimo deve essere di 1 doccia ogni 50 persone.

## SISTEMA IDRICO

Il sistema idrico deve fornire tra i 15 e i 20 litri di acqua a persona al giorno: devono essere presenti stazioni di rubinetti ogni 80 persone ad una distanza massima di 200 m dalle abitazioni. Il sistema idrico ideale è quello composto da torri dell'acqua connesse ad un sistema di distribuzione lineare e senza dislivelli elevati; caratteristiche che permettono di fornire acqua in tutte le comunità senza l'utilizzo di pompe elettriche per mantenere la pressione nei rubinetti.

## SERVIZI E INFRASTRUTTURE

In base alle dimensioni e alla popolazione residente nel campo di emergenza devono essere previsti differenti servizi e infrastrutture. In generale devono esserci sempre un centro medico, un centro di distribuzione dei beni di prima necessità, una mensa, una zona di stoccaggio del materiale (di circa 15 - 20 mq ogni 100 persone). La presenza di servizi secondari come scuole o piccoli mercati varia a seconda delle situazioni di ciascuna emergenza<sup>55 56</sup>.

## PROGETTAZIONE DEL CAMPO DI EMERGENZA

### LOCALIZZAZIONE INSEDIAMENTO

La localizzazione del campo è avvenuta analizzando i report redatti in seguito al terremoto del 2021: il Dipartimento di Nippes e il Dipartimento Sud sono stati quelli più colpiti dalla catastrofe naturale. Non è, però, stata scelta una località geografica specifica in quanto il progetto vuole essere uno schema guida applicabile in tutti quei luoghi in cui la presenza di nebbia si fonde con la necessità di ripari d'emergenza. È comunque ideale scegliere una località che soddisfi tre parametri: vicinanza ad una fonte idrica utilizzabile (se presente), vicinanza ad un centro abitato con servizi e vicinanza ad un'infrastruttura di trasporto in grado di fornire accesso a tutti i tipi di mezzi necessari per la realizzazione e gestione del campo di emergenza.

---

<sup>55</sup> UNHCR, *Camp site planning minimum standards*, Emergency Handbook 4<sup>a</sup> edizione, 2022, pp. 1-8

<sup>56</sup> Progetto Sphere, *op. cit.*, pp. 237-287

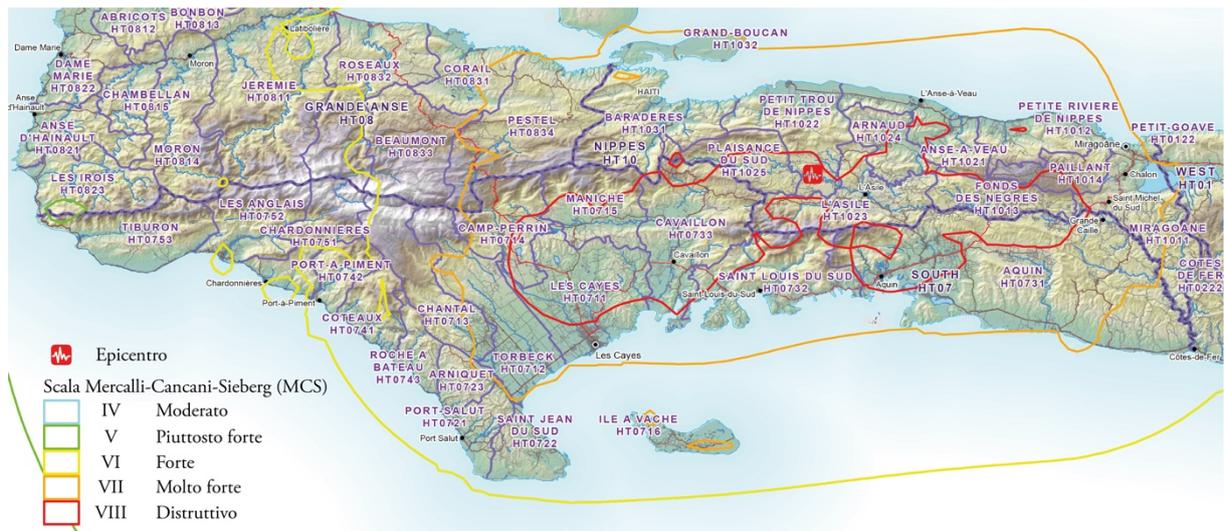


Fig 4.1 Mappa topografica che mostra l'intensità delle scosse del terremoto di magnitudo 7.2 del 14 agosto 2021 attraverso la scala MCS

## DIMENSIONAMENTO

Nella progettazione del campo di emergenza sono state modificate le proporzioni dei moduli urbanistici presentati da UNHCR per aumentare l'efficienza della raccolta idrica dei fog collector applicati alle tende. Data la topografia dell'area colpita dal terremoto del 2021, che corrisponde all'area testata con successo da Fog Quest, è stato scelto per il campo un andamento orizzontale.

L'insediamento è stato pensato per accogliere circa 2000 persone, che alloggeranno in tende da 5 o 10 posti letto, che possono essere definite mono famigliari o bifamigliari. Le tende in questione, infatti, sono dotate di teli separatori che permettono di suddividere gli ambienti interni in più spazi privati e semi privati in base alle necessità che si presentano.

Ogni isolato residenziale è composto da quattro tende mono famigliari e quattro bifamigliari; sono presenti due aree bagni (una maschile e una femminile), che rispettano gli standard sopradescritti. Al centro di ogni blocco è presente un sistema di distribuzione idrico collegato alle water towers e ai fog collector circostanti. Sono presenti inoltre 4 isolati con i servizi e le infrastrutture, quali centro medico, magazzino, mensa, mercato e scuola.

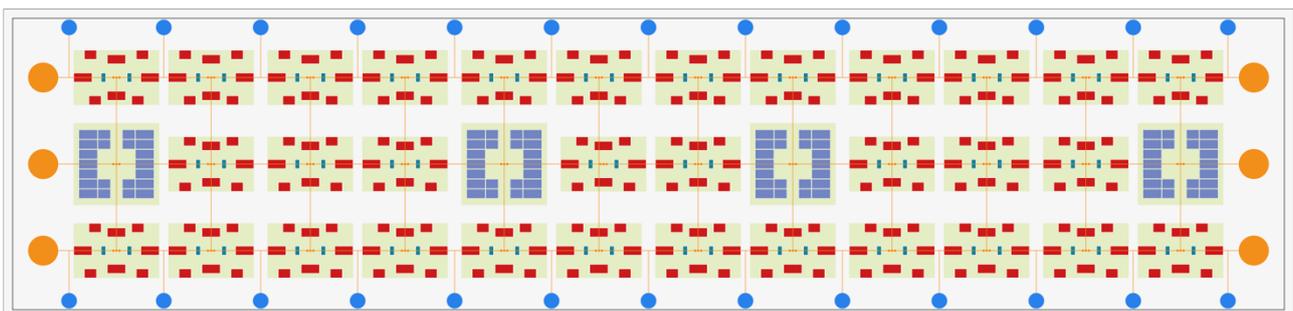


Fig 4.2 Schema di insediamento tipo per il campo di emergenza

## FABBISOGNO IDRICO

Calcolando un fabbisogno di 15L di acqua al giorno per persona, la quantità di acqua necessaria giornalmente è di 30'000L. All'interno del campo di emergenza vengono predisposti due differenti tipologie di fog collector: lungo le parti longitudinali del perimetro dell'insediamento sono disposte 26 Warka Water; tutti gli isolati, invece, sono dotati di fog collector bidimensionali.

Engineering for Change, il cui scopo è preparare ed educare per migliorare la qualità della vita delle persone e del pianeta, fornisce risorse, piattaforme e accesso alle competenze per accelerare lo sviluppo di soluzioni e integrare l'ingegneria nello sviluppo sostenibile. Il team di ingegneri ha prodotto una scheda tecnica della Warka Water utile alla quantificazione della raccolta di acqua di queste strutture. È stato preso in esame il modello V4 del 2015 che ha una raccolta di acqua stimata di 100L al giorno. Ovviamente, come per tutti i fog collector, varia sia in base alla localizzazione geografica, sia alle condizioni meteo. Il team di Warka water ha testato con risultati positivi e promettenti il territorio di Haiti, e in modo particolare una zona non lontana a quella colpita dal terremoto del 2021 <sup>57</sup>.

La seconda tipologia di fog collector, invece, viene applicata direttamente a ciascuna tenda Multipurpose. Tutte i ripari sono dotati di una struttura mobile dalla duplice funzione: durante il giorno il telaio deve essere posto orizzontalmente per favorire l'ombreggiamento nei pressi della tenda; mentre durante la notte deve essere posta verticalmente per funzionare come collettore di nebbia. La struttura del collettore è molto simile ai LFC e ai fog collector di Aqualonis: si tratta, infatti, di una superficie bidimensionale in tensione costituita da mesh di Raschel. Le dimensioni della rete devono essere adattate a quelle della tenda su cui viene montata: le tende mono famigliari saranno dotate di un collettore di 16mq (quattro mesh da 2m \* 2m), mentre quelle bifamigliari avranno a disposizione 24mq (sei mesh da 2m \* 2m). Ogni isolato residenziale ha quindi un totale di 160mq di superficie di raccolta.

Come già esposto precedentemente, la raccolta di acqua tramite fog collector non è regolare tutti i giorni, in quanto è fortemente dipendente dalle condizioni ambientali. Per questo motivo sono stati valutati quattro scenari: funzionamento dei fog collector al 100%, al 75%, al 50% e una situazione di funzionamento misto.

---

<sup>57</sup> <https://www.engineeringforchange.org/solutions/product/warka-water-tower/#:~:text=The%20Warka%20Water%20Tower%20was,to%20harvest%20100%20L%2Fday>

FUNZIONAMENTO FOG COLLECTOR AL 100% [5.5 L/mq al giorno]	
Warka Water	2600
Fog collector	28160
TOTALE	30760
103% DEL FABBISOGNO IDRICO RICHIESTO	

*Tabella 4.1 Calcolo della percentuale di acqua raccolta dai fog collector con un funzionamento costante al 100% (5.5L/mq al giorno) rispetto al fabbisogno idrico totale*

FUNZIONAMENTO FOG COLLECTOR AL 73% [4 L/mq al giorno]	
Warka Water	1950
Fog collector	20480
TOTALE	22430
75% DEL FABBISOGNO IDRICO RICHIESTO	

*Tabella 4.2 Calcolo della percentuale di acqua raccolta dai fog collector con un funzionamento costante al 75% (4L/mq al giorno) rispetto al fabbisogno idrico totale*

FUNZIONAMENTO FOG COLLECTOR AL 50% [2.75 L/mq al giorno]	
Warka Water	1300
Fog collector	14080
TOTALE	15380
51% DEL FABBISOGNO IDRICO RICHIESTO	

*Tabella 4.3 Calcolo della percentuale di acqua raccolta dai fog collector con un funzionamento costante al 50% (2.75L/mq al giorno) rispetto al fabbisogno idrico totale*

FUNZIONAMENTO MISTO FOG COLLECTOR [prima fila 5.5L/mq, seconda fila 4L/mq, terza fila 2.75L/mq]	
Warka Water	1950
Fog collector	20960
TOTALE	22910
76% DEL FABBISOGNO IDRICO RICHIESTO	

*Tabella 4.4 Calcolo della percentuale di acqua raccolta dai fog collector con un funzionamento misto (prima fila 5.5L/mq, seconda fila 4L/mq, terza fila 2.75L/mq) rispetto al fabbisogno idrico totale*

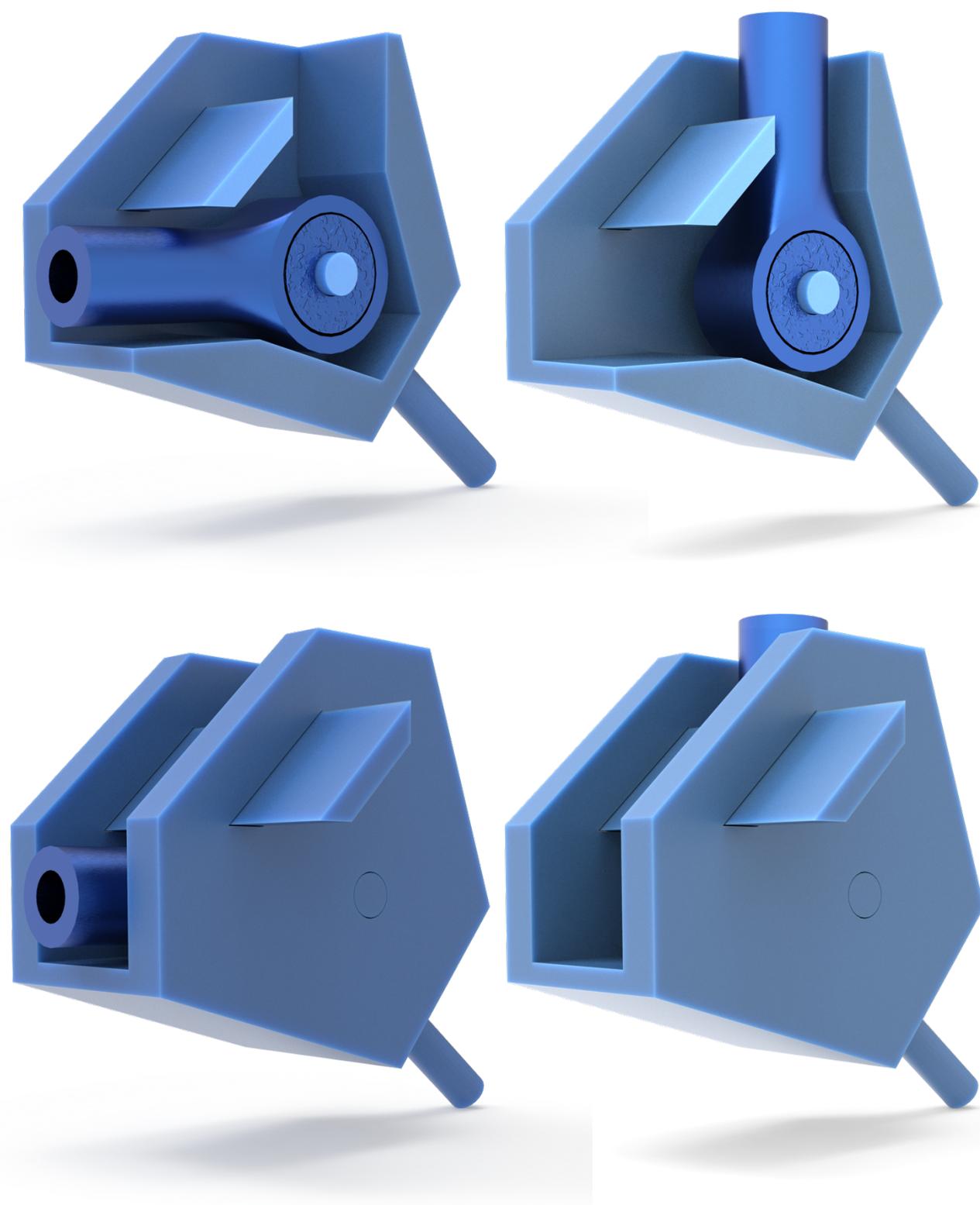
In una situazione ideale tutti i fog collector funzionerebbero a pieno regime raccogliendo il 100% del fabbisogno idrico dell'intero campo di emergenza. Ciò accadrebbe, però, se tutti i collettori fossero posizionati sulla stessa riga e se non avessero ostacoli davanti a loro. Il campo di emergenza è invece composto da tre file di isolati e, a causa di questa disposizione, è più probabile avere una raccolta differenziata in base alla posizione dei fog collector: la tabella 4.4 fornisce infatti la quantità di acqua ottenuta più plausibile, raggiungendo il 75% del fabbisogno idrico del campo.

## FOG COLLECTOR APPLICATO ALLA MULTIPURPOSE TENT

La tenda Multipurpose prodotta da Ferrino ha caratteristiche ideali che permettono l'aggancio di fog collector alla struttura: in base alle necessità possono essere previste due varianti senza dover modificare o adattare gli elementi forniti nel kit di montaggio della tenda stessa. La prima variante permette di utilizzare la mesh Raschel con una duplice funzione: grazie alla presenza di cerniere e carrucole, la struttura può essere posizionata sia in verticale, durante le ore notturne per catturare la nebbia e la rugiada (se le condizioni climatiche ne permettono la formazione), sia in orizzontale, favorendo l'ombreggiamento della tenda e dei suoi dintorni durante le ore diurne.

La seconda variante, invece, prevede il posizionamento del fog collector sopra il colmo della tenda: in questo caso, però, il collettore rimane fisso durante l'arco dell'intera giornata, perdendo così la seconda funzione.

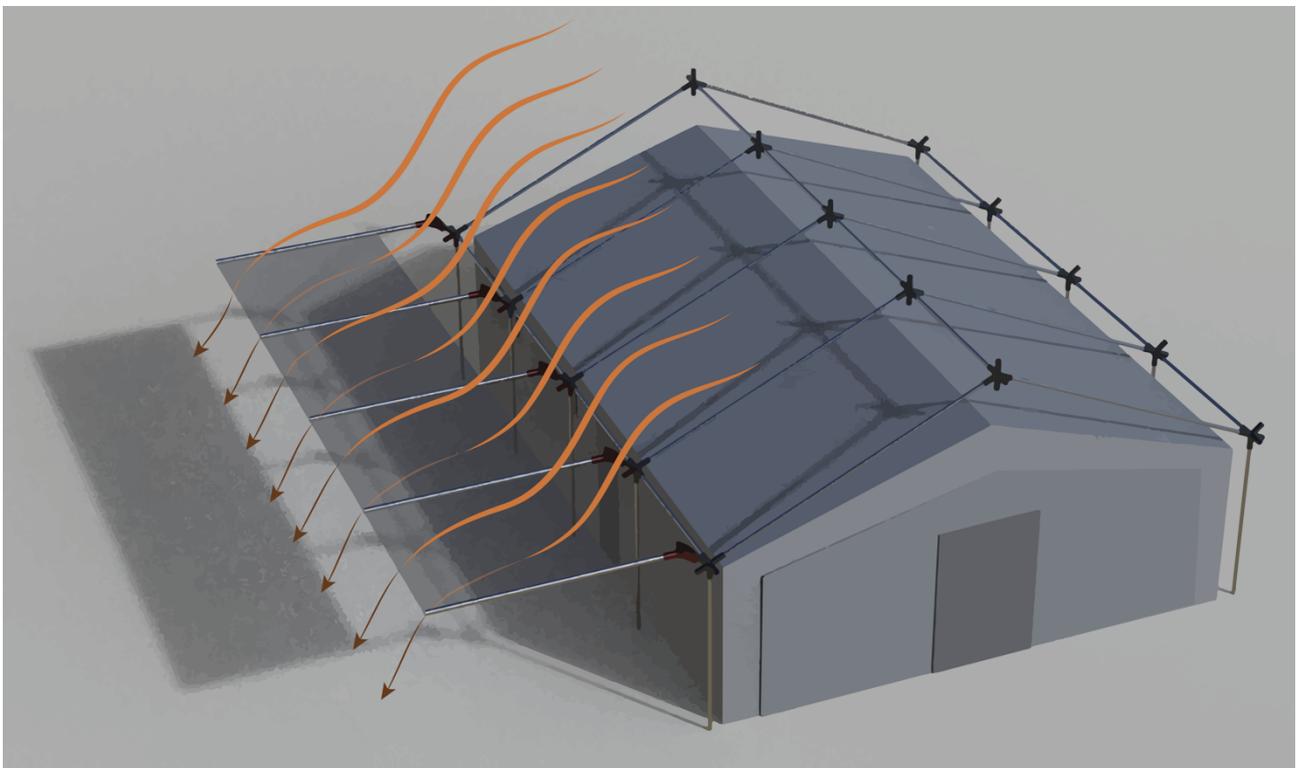
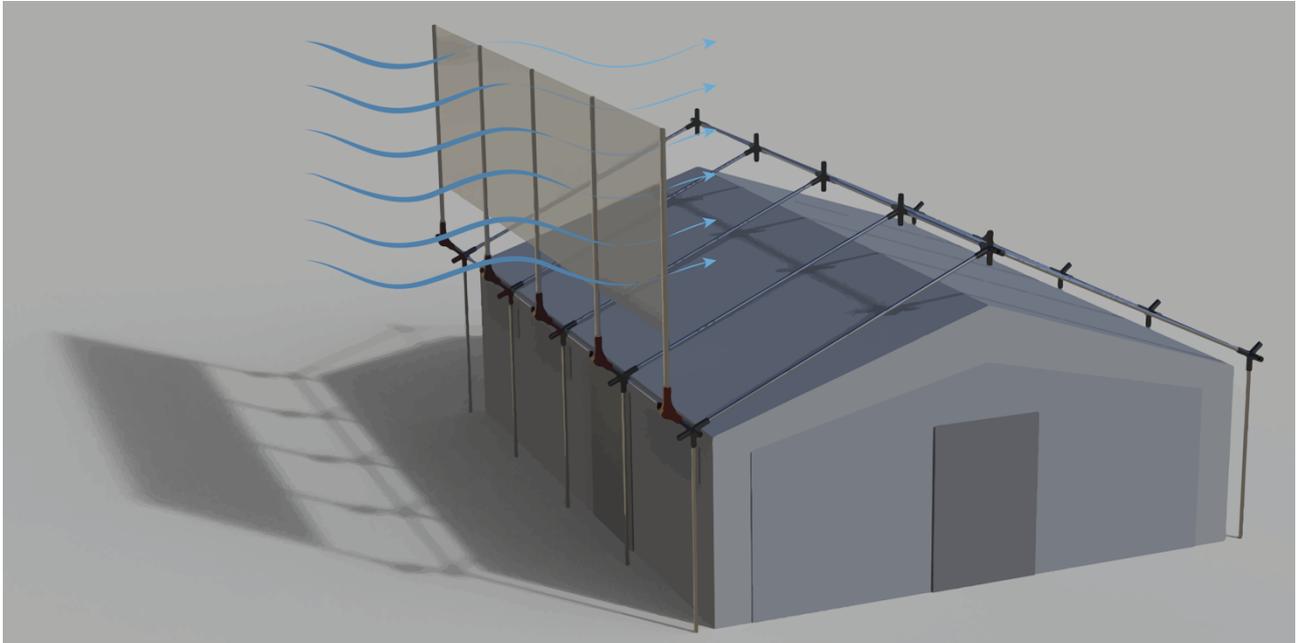
Nel campo di emergenza le due varianti possono coesistere con il fine di migliorare l'efficienza di raccolta di acqua complessiva. Il posizionamento delle tende, e di conseguenza anche dei fog collector, deve essere strategico affinché il flusso di nebbia non venga fortemente rallentato o ostacolato dalle prime file di collettori. Avere quindi la possibilità di variare l'altezza delle mesh può essere un vantaggio per la raccolta.



*Fig 4.3 Elemento aggiuntivo per il raccordo del fog collector alla tenda Multipurpose*



*Fig 4.4 Fog collector progettato per l'integrazione con la Multipurpose tent*



*Fig 4.5 Funzionamento della struttura: la prima immagine mostra la mesh Raschel con funzione di fog collector, mentre la seconda con funzione ombreggiante*



# CONCLUSIONE

Lo studio proposto viene declinato con l'obiettivo di progettare un prototipo di collettore di nebbia che permetta l'integrazione della fog harvesting ai campi di fortuna con lo scopo di limitare l'impatto negativo del fabbisogno idrico nelle situazioni di emergenza. L'intenzione è quella di ridurre a livelli minimi il trasporto dell'acqua per mezzo di camion cisterna o infrastrutture di altro genere, favorendo le dinamiche logistiche e diminuendo drasticamente i costi, pur mantenendo invariato il quantitativo di acqua utile a soddisfare le necessità all'interno degli insediamenti. L'elaborato, da un punto di vista architettonico-ingegneristico, si propone di dimostrare come il sistema di fog harvesting non possa essere applicato ad ogni situazione: prerogativa fondamentale per l'integrazione del sistema nei campi di emergenza è la presenza di oasi di nebbia di avvezione. Il caso preso in esame è quello del territorio di Haiti in quanto è stato dimostrato che, con l'aggiunta dei fog collector, viene soddisfatto in media il 73% del fabbisogno idrico giornaliero di tutto il campo, permettendo di ridurre di  $\frac{3}{4}$  l'approvvigionamento di acqua potabile.

Per compiere lo studio è stata presa in esame l'emergenza dei terremoti applicata alla complessa realtà di Haiti, ma la scelta non costituisce una specificità per la realizzazione del progetto: lo schema dell'insediamento e il prototipo di integrazione del collettore sono perfettamente adottabili in tutti i contesti di emergenza che rispondono alle necessità climatiche. Il progetto, infatti, viene realizzato con l'intenzione di presentare una linea guida adattabile a diverse situazioni con la necessità di essere implementata.

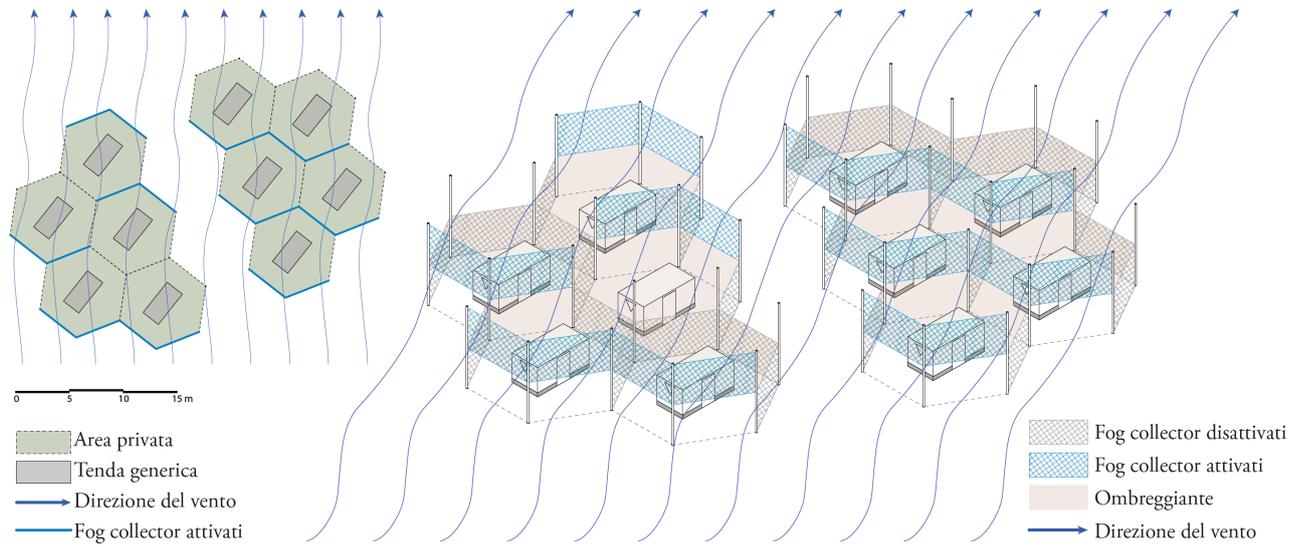
L'integrazione è stata progettata per essere applicata alla tenda Multipurpose prodotta da Ferrino. È possibile, tuttavia, ampliare lo studio elaborando un sistema di recinzioni che permettano la raccolta dell'acqua di nebbia. Questo sistema può essere applicato a diverse scale di progetto: dalla recinzione esterna del campo, a quella degli isolati e, infine, a quella delle singole tende. Assecondando tale modalità risulterebbe disponibile una divisione degli spazi consona a mantenere la privacy di coloro che, da sfollati, abitano il campo di emergenza. Utilizzando lo schema insediativo a nido d'ape, inoltre, è possibile eliminare il problema della direzionalità dell'insediamento: la disposizione delle recinzioni permette di utilizzare il lato o i lati più efficienti in un dato momento in base alla direzione del vento, permettendo di creare un grande sistema di fog collector tridimensionale e funzionante a 360°. Lo schema di progetto è illustrato nell'allegato 1.

Un altro tema che deve essere sempre tenuto in considerazione è il miglioramento tecnologico. Per questo studio è stata utilizzata la mesh Raschel in quanto è la più comune ed economica. Esistono già oggi delle mesh alternative tridimensionali, come quella sviluppata da Aqualonis, studiate appositamente per la raccolta di acqua di nebbia che hanno un'efficienza molto più elevata, così come il loro costo di produzione. Nella

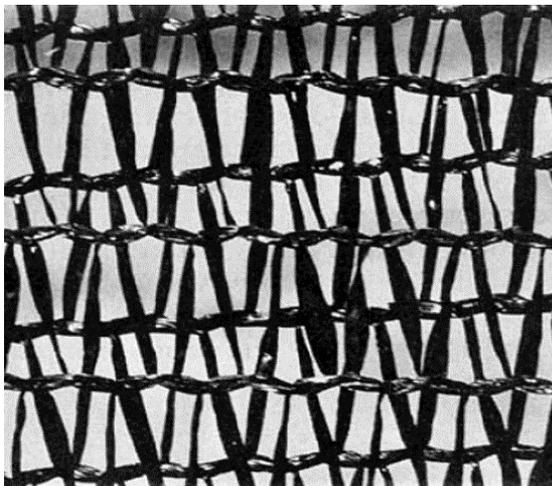
progettazione effettiva del campo, conoscendo preventivamente i budget disponibili, è possibile effettuare delle analisi approfondite e, se dovesse risultare conveniente, si potrebbe sostituire la Raschel con una mesh che permetta di raccogliere un quantitativo di acqua più elevato (vedi allegato 2).

L'elaborato e il progetto si pongono come finalità quella di proporre un quadro completo delle possibilità di applicazione dei fog collector in relazione al luogo, al clima e alle condizioni di emergenza, comprendendo una visione disincantata dell'attualità al cui servizio vengono messe l'ingegneria e l'architettura.

# ALLEGATI



*Allegato 1 Schema di applicazione fog collector come recinzioni mobili*



*Allegato 2 Mesh Raschel a sinistra, 3D mesh di Aqualonis a destra*



# BIBLIOGRAFIA

- Ashmore J., OCHA, *Tents A guide to the use and logistics of family tents in humanitarian relief*, 2004  
(<https://reliefweb.int/report/world/tents-guide-use-and-logistics-family-tents-humanitarian-relief>)
- Barozzi M., *Bright connector: design of a multipurpose unit for emergency assistance*, 2014  
(<http://hdl.handle.net/10589/102933>)
- De Buck E, Borra V., De Weerd E., Vande Veegaete A., *A Systematic Review of the Amount of Water per Person per Day Needed to Prevent Morbidity and Mortality in (Post-) Disaster Settings*, 2015  
([https://www.researchgate.net/publication/276459337\\_A\\_Systematic\\_Review\\_of\\_the\\_Amount\\_of\\_Water\\_per\\_Person\\_per\\_Day\\_Needed\\_to\\_Prevent\\_Morbidity\\_and\\_Mortality\\_in\\_Post-Disaster\\_Settings](https://www.researchgate.net/publication/276459337_A_Systematic_Review_of_the_Amount_of_Water_per_Person_per_Day_Needed_to_Prevent_Morbidity_and_Mortality_in_Post-Disaster_Settings))
- DeMets C., Wiggins-Grandison M., *Deformation of Jamaica and motion of the Gonave microplate from GPS and seismic data*, *Geophysical Journal International*, Volume 168, 2007  
(<https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2006.03236.x>)
- Domen J. K., Stringfellow W. T., Camarillo M. K., Gulati S., *Fog water as an alternative and sustainable water resource*, 2013  
(<https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-013-0645-z>)
- Fessehaye M., Abdul-Wahab S. A., Savage M. J., Kohler T., Gherezghiher T., Hurni H., *Fog-water collection for community use*, 2013  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113006035>)
- Gurera D., Bhushan B., *Bioinspired conical design for efficient water collection from fog*, 2019  
(<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2019.0125>)
- Hamilton W. J., Seely M. K., *Fog basking by the Namib desert beetle, *Onymacris unguicularis**, 1976  
(<https://www.nature.com/articles/262284a0>)
- Klemm O., Schemenauer R. S., Lummerich A., Cereceda P., Marzol V., Corell D., Van Heerden J., Reinhard D., Gherezghiher T., Olivier J., Osses P., Sarsour J., Frost E., Estrela M. J., Valiente J. A., Fessehaye G. M., *Fog as a Fresh-Water Resource: Overview and Perspectives*, 2012  
(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3357847/>)
- Kwok R. K., *Fog Harvesting with Cylindrical Fog Cage*, 2022  
(<https://scholarship.org/uc/item/4d7623rm>)

- Li D., Li C., Li J., Yang W., Xiao M., Zhang M., Yang Y., Yu K., Pan Y., *Efficient Corona Discharge Fog Collector: Multiple Mesh Electrodes with Electric Field Enhances Fog Harvesting*, 2022  
(<https://link.springer.com/article/10.1007/s11090-022-10279-7>)
- Li J., Ran R., Wang H., Wang Y., Chen Y., Niu S., Arratia P. E., Yang S., *Aerodynamics-assisted, efficient and scalable kirigami fog collectors*, 2021  
([https://www.researchgate.net/publication/354629845\\_Aerodynamics-assisted\\_efficient\\_and\\_scalable\\_kirigami\\_fog\\_collectors](https://www.researchgate.net/publication/354629845_Aerodynamics-assisted_efficient_and_scalable_kirigami_fog_collectors))
- Lummerich A., Tiedemann K., *Fog farming: linking sustainable land management with ecological renaturation in arid areas by means of reforestation*, in Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development, University of Hamburg, October 6-8, 2009  
(<https://www.tropentag.de/2009/abstracts/full/218.pdf>)
- Mooney H. A., Weisser P. J., Gulmon S. L., *Environmental adaptations of the Atacaman Desert Cactus Oopiapoa baseltoniana*, 1977  
([http://dx.doi.org/10.1016/S0367-2530\(17\)32124-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0367-2530(17)32124-2))
- Progetto Sphere, *Manuale Sphere, Carta Umanitaria e Standard Minimi nella Risposta Umanitaria*, 2016  
(<https://spherestandards.org/wp-content/uploads/2011-Handbook-Italian.pdf>)
- Scharnke M. R., Johannsen K., *ATRAPANIEBLAS Fog as a Drinking Water Resource*, 2010  
([https://tore.tubb.de/bitstream/11420/877/1/Atrapanieblas\\_Moritz\\_Scharnke\\_2010.pdf](https://tore.tubb.de/bitstream/11420/877/1/Atrapanieblas_Moritz_Scharnke_2010.pdf))
- Shelter Centre, *Transitional settlement and reconstruction after natural disaster*, 2010  
(<https://emergency.unhcr.org/sites/default/files/Shelter%20Centre%202010%2C%20Shelter%20after%20disaster.%20Strategies%20for%20transitional%20settlement%20and%20reconstruction%2C%20Shelter%20Centre%2C%20Geneva.pdf>)
- Suau C., Zappulla C., *AIRD RIP© Pneumatic Fog Collector for Rural and Urban Environments in Arid Lands*, 2015  
(<http://www.jmest.org/wp-content/uploads/JMESTN42350944.pdf>)
- UNHCR, *Camp site planning minimum standards*, Emergency Handbook 4<sup>a</sup> edizione, 2022  
(<https://emergency.unhcr.org/emergency-assistance/shelter-camp-and-settlement/camps/camp-site-planning-minimum-standards>)
- UNHCR, *Water manual for refugee situations*, 1992  
([https://ec.europa.eu/echo/files/evaluation/watsan2005/annex\\_files/UNHCR/UNHCR5%20-%20Water%20Supply%20in%20Refugee%20Situations.pdf](https://ec.europa.eu/echo/files/evaluation/watsan2005/annex_files/UNHCR/UNHCR5%20-%20Water%20Supply%20in%20Refugee%20Situations.pdf))

- Viscuso, S., Zanelli, A., *Insulated membrane kit for emergency shelters: product development and evaluation of three different concepts*. *Procedia Engineering* 155, 2016  
(<https://www.sciencedirect.com/journal/procedia-engineering/vol/155/suppl/C>)
- White G. F., Bradley D. J., White A. U., *Drawers of Water. Domestic Water Use in East Africa*, 1972  
(<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/268615/PMC2567632.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

# SITOGRAFIA

- [https://cred.be/sites/default/files/2022\\_EMDAT\\_report.pdf](https://cred.be/sites/default/files/2022_EMDAT_report.pdf)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/2010\\_Haiti\\_earthquake#cite\\_note-DeMets-40](https://en.wikipedia.org/wiki/2010_Haiti_earthquake#cite_note-DeMets-40)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Ring\\_of\\_Fire](https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_of_Fire)
- <https://fogquest.org/project-information/projects/haiti-salagnac-plateau/>
- [https://it.wikipedia.org/wiki/Magnitudo\\_\(geologia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Magnitudo_(geologia))
- [https://www.acaps.org/fileadmin/Data\\_Product/Main\\_media/20210820\\_acaps\\_thematic\\_report\\_haiti\\_earthquake\\_department\\_profiles.pdf](https://www.acaps.org/fileadmin/Data_Product/Main_media/20210820_acaps_thematic_report_haiti_earthquake_department_profiles.pdf)
- <https://www.aqualonis.com>
- <https://www.design4disaster.org/disasters-2/>
- <https://www.dezeen.com/2016/11/10/video-interview-arturo-vittori-warka-water-tower-ethiopia-sustainable-clean-drinking-water-movie/>
- <https://www.engineeringforchange.org/solutions/product/warka-water-tower/#:~:text=The%20Warka%20Water%20Tower%20was,to%20harvest%20100%20L%2Fday>
- <https://www.ferrino.it/en/shop-en/equipment/first-aid-line/tents/98080mm-high-performance-tent-48mq.html>
- <https://www.ferrino.it/en/shop-en/equipment/first-aid-line/tents/97058mfp-light-weight-emergency-tent.html>
- [https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/hispaniola\\_earthquakes\\_and\\_tectonics](https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/hispaniola_earthquakes_and_tectonics)
- [https://www.iris.edu/hq/science\\_highlights/untangling\\_the\\_rupture\\_of\\_the\\_2021\\_m7.2\\_earthquake\\_in\\_haiti](https://www.iris.edu/hq/science_highlights/untangling_the_rupture_of_the_2021_m7.2_earthquake_in_haiti)
- <https://www.mtu.edu/geo/community/seismology/learn/earthquakes-midwest-east/>
- <https://www.nieblagua.com>
- <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/acqua/aree-ricarica-degli-acquiferi-profondi#:~:text=L%27area%20di%20ricarica%20di,con%20i%20corpi%20idrici%20superficiali%20>
- <https://www.rofi.com/rapid-608>
- <https://www.treccani.it/vocabolario/nebbia/>
- <https://www.usgs.gov/faqs/where-do-earthquakesoccur#:~:text=The%20world%27s%20greatest%20earthquake%20Obelt,nickname%20%22Ring%20of%20Fire%22.>
- <https://www.usgs.gov/faqs/why-are-we-having-so-many-earthquakes-has-naturally-occurring-earthquake-activity-been;>
- <https://warkawater.org/haiti/>

