

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA IN
Georingegneria, georisorse e ingegneria geotecnica

Ciclo XXIV

Settore Concorsuale di afferenza: 08/A2

Settore Scientifico disciplinare: ING-IND/29

**BUONE PRATICHE E TECNOLOGIE APPROPRIATE PER LA GESTIONE
DELLE RISORSE IDRICHE ED IL RISPARMIO ENERGETICO IN AMBITO
URBANO E RURALE**

Presentata da: Ing. Andrea Conte

Coordinatore Dottorato

Relatore

Prof. Ing. Paolo Berry

Prof.ssa Ing. Alessandra Bonoli

Esame finale anno 2012

ABSTRACT (ENG)

This Phd dissertation is related to Appropriate Technologies (AP) and Best Practices for water management and energy saving in urban and rural environment.

Has been made a brief overview of the main theories and methodologies that have hitherto done by the design guidelines for the sustainable and efficient use of resources in the built environment; as LID, Low Impact Development, and the green infrastructures.

This overview will serve to express the evaluations and find common strategies to propose a new method of approach for the resources management on the area of intervention. It has been introduced a site specific sustainability approach (S3A) for the management of the resources considering the local climate, the cultural, social and economical conditions, the renewable resources availability and the population density.

Research topics and applications:

- *The solar distillation for water desalination in rural and remote arid areas.*
- *The design and construction of a prototype of a new Tubular Solar Still (TSS) with a parabolic solar collector for the water desalination and purification. The TSS prototype has been tested in the Columbia University Engineering Solar Lab in New York City.*
- *The traditional water supply system for the arid areas Khetteras or Qanat.*
- *The green Infrastructure and the green roofs. Has been considered the role green infrastructures in sustainable water management practices and energy saving.*

As case of studies, has been chosen four projects related to sustainable water management and energy saving in different climates and geographical areas. The projects were selected to have field experiences, project design experiences and to support the theoretical thesis.

Case of studies:

- *A sustainable water management and water desalination project, by Appropriate Technologies, for rural communities in the Moroccan Sahara desert. (Arid climate)*
- *The Research project “Quantifying the fundamental behavior of green roofs in a urban environment” runned by Columbia University and NASA. A project that, by environmental monitoring, analyze the benefits of installing green roofs in the Manhattan area. Has been made a focus on the behavior related to the stormwater management and Heat island effect. (Humid continental climate)*
- *A green façade and an experimental roof garden design project for an architectural firm in Milan. (Continental climate)*
- *A project about strategies for sustainable urban development made with the Columbia University Urban Ecology studio. A sustainable water harvesting and green infrastructures design project for the City of Puerto Plata in the Dominican Republic. (Tropical climate)*

ABSTRACT (IT)

Questa tesi di dottorato è composta da una parte teorica ed una “pratica”, di casi studio. Nella parte Teorica vengono definiti i concetti di **Tecnologie Appropriate (AT)** e di **Buone Pratiche (BP) per la gestione delle risorse** idriche ed energetiche nell’ambito dell’abitato. Viene fatta una breve panoramica sulle principali teorie e metodologie che fino ad oggi hanno fatto da linee guida per la progettazione sostenibile e il corretto utilizzo delle risorse in ambito urbano e rurale. Questa visione d’insieme servirà per esprimere delle valutazioni e trovare dei comuni dominatori per proporre una nuova metodologia d’approccio alla gestione delle risorse con particolare attenzione rivolta alla condizione presente e alla zona d’intervento. **Site specific sustainability Approach (S3A)**. Nella parte pratica vengono riportati tre progetti legati alla gestione sostenibile delle risorse in diverse aree geografiche e ambiti d’intervento a cui si è preso parte nel corso degli ultimi tre anni di ricerca. I progetti sono stati scelti per avere un’esperienza sul campo e per avvalorare la tesi teorica dell’approccio “site specific” (S3A).

I casi studio:

- Un progetto di approvvigionamento idrico ed energetico e di depurazione delle acque per l’oasi di Smira del **Sahara marocchino** che comprende anche la progettazione e la realizzazione di un prototipo innovativo di **Distillatore Solare Tubolare con collettore solare parabolico (spc)** per la desalinizzazione e potabilizzazione delle acque. (*Clima Arido*)
- Un progetto legato alla sostenibilità urbana di **New York** che analizza i benefici apportati dall’installazione di coperture verdi nell’area di Manhattan da un punto di vista della gestione delle risorse idriche energetiche e delle componenti ambientali. (*Clima continentale umido*)
- Un progetto di approvvigionamento idrico sostenibile e gestione del verde per la città di Porto Plata in **Repubblica Dominicana**. (*Clima Tropicale*)

Per ognuno di questi progetti sono state considerate soluzioni legate all’ambito d’intervento, tenendo sempre presente le condizioni globali. L’individuazione di soluzioni per la gestione delle risorse idriche ed il risparmio energetico in contesti così diversi dal punto di vista climatico, culturale e in termini di disponibilità economica permette di acquisire una visione globale delle problematiche legate alla gestione sostenibile delle risorse che poi risulta essere un bagaglio di conoscenze molto utile per affrontare le problematiche locali.

Approfondimenti e sperimentazioni.

Per ogni progetto sono stati affrontati aspetti più sperimentali e di ricerca che vogliono portare un contributo di innovazione necessario per una tesi di dottorato. In particolare si è voluto approfondire i seguenti argomenti:

- E’ stato approfondito il tema della **distillazione solare** per la dissalazione e potabilizzazione delle acque in zone rurali desertiche ed isolate. E’ stato progettato e realizzato **un prototipo innovativo di distillatore tubolare con collettore solare parabolico**. Il prototipo è stato testato nei laboratori della Columbia University di New York.
- Sono state approfondite le **Khettaras o Qanat**, tunnel sotterranei per l’approvvigionamento idrico nelle zone aride.
- In fine sono stati approfonditi i benefici apportati dalle **coperture a verde** (tetti verdi) e dal **verde verticale** nelle zone urbane dal punto di vista della gestione delle risorse idriche ed il risparmio energetico. A riguardo sono stati approfonditi anche alcuni aspetti della normativa nazionale UNI11235 del 2007 sulle linee guida per la progettazione, l’esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde e del piano di gestione PlaNY de 2010 in particolare la parte dedicata alle infrastrutture verdi per le per la città di New York.

Si è ritenuto importante approfondire questi temi sia perché di supporto concettuale alle sperimentazioni fatte sia perché sono stati a tutti gli effetti applicati nei progetti proposti come casi studio.

*Alla famiglia Conte, Petrella e all'ultima delle Liberati.
A Constant e ai neobabilonesi, gli abitanti che sapranno costruire la città del futuro.*

*L'uomo è la natura che prende coscienza di se stessa.
«L'homme est la nature prenant conscience d'elle-même».
(E. Reclus, L'Homme et la Terre, Librairie Universelle, Parigi, 1905)*

*Colui che rispetta l'ambiente salva la terra e non la padroneggia né l'assoggetta.
(M. Heidegger)*

*La grandezza dell'uomo si misura in base a quel che cerca e
all'insistenza con cui egli resta alla ricerca.
(M. Heidegger)*

*"Non è combattendo la realtà esistente che si cambiano le cose.
Per cambiare qualcosa, è necessario costruire un nuovo modello che
renda obsoleto quello esistente".
(R. Buckminster Fuller)*

Parole chiave:

Sostenibilità, tecnologie appropriate, gestione delle risorse, acqua, energia, tetti verdi, verde pensile, distillatori solari, distillazione solare, green infrastructures, LID, sviluppo sostenibile.

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	14
QUARANT'ANNI DI PRESERVAZIONE DELLE RISORSE NATURALI E	14
VENTICINQUE ANNI DI SVILUPPO SOSTENIBILE.....	14
2. UNA DISOMOGENEA DISTRIBUZIONE DELLE RISORSE.....	17
3. LE LINEE GUIDA PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DELLE RISORSE IDRICHE ED IL RISPARMIO ENERGETICO PER L'ABITATO URBANO E RURALE.....	20
3.1 PANORAMICA SUGLI STRUMENTI A DISPOSIZIONE.....	21
STRUMENTI PER LA PROGETTAZIONE SOSTENIBILE.....	21
TECNOLOGIE APPROPRIATE (TA).....	21
BUONE PRATICHE PER LA GESTIONE DELLE RISORSE.....	22
LID (LOW IMPACT DEVELOPMENT).....	22
GREEN INFRASTRUCTURE.....	22
ARCHITETTURA BIOCLIMATICA	22
TECNOLOGIE BIOCLIMATICHE.....	22
BIO ARCHITETTURA.....	23
ARCHITETTURA SOSTENIBILE.....	23
"CONSTRUCTION FOR DESTRUCTION", PROGETTARE PER IL RIUSO, PROGETTARE PER IL RICICLO.....	23
LIFE CYCLE THINKING.....	24
STRUMENTI DI ANALISI, VALUTAZIONE E CERTIFICAZIONE:.....	24
LIFE CYCLE ASSESSMENT	24
IMPRONTA ECOLOGICA.....	24
VIA.....	24
VAS.....	24
CERTIFICAZIONE LEED.....	24
BREEAM.....	25
ITACA.....	25
EMAS.....	25
4. UNA VISIONE GLOBALE E UN APPROCCIO "SITE SPECIFIC" PER LA GESTIONE DELLE RISORSE. SITE SPECIFIC SUSTAINABLE APPROACH (S3A).....	26
COME È CAMBIATO LO SCENARIO INTERNAZIONALE.....	26
.....	28
5. LE TECNOLOGIE APPROPRIATE (TA), LE BUONE PRATICHE (BP) E IL SITE SPECIFIC SUSTAINABLE APPROACH. (S3A)..	28
6. FATTORI DI VALUTAZIONE ED ESEMPI PRATICI DI TECNOLOGIE APPROPRIATE (APPROPRIATE TECHNOLOGY OR INTERMEDIATE TECHNOLOGY).....	30
PRODUZIONE LOCALE DI BIOGAS PER L'APPROVVIGIONAMENTO ENERGETICO RURALE.....	32
FORNI SOLARI.....	33
ESSICCATOI	34
SOLARI	34
RACCOLTA DI ACQUA.....	36
PIOVANA DAI TETTI.....	36
CARATTERISTICHE.....	36
DIMENSIONAMENTO.....	36

VANTAGGI.....	36
SVANTAGGI.....	36
RACCOLTA DI ACQUA.....	37
PIOVANA TRAMITE BACINI.....	37
CARATTERISTICHE.....	37
VANTAGGI.....	37
SVANTAGGI.....	37
RACCOLTA.....	38
DELLA NEBBIA.....	38
SISTEMI DI.....	39
POMPAGGIO MANUALI.....	39
TECNOLOGIE APPROPRIATE PER LA DEPURAZIONE E LA POTABILIZZAZIONE DELL'ACQUA.....	40
FILTRO A CANDELA.....	40
FILTRO IN CERAMICA.....	40
CARATTERISTICHE.....	40
VANTAGGI.....	40
SVANTAGGI.....	40
BOLLITURA.....	41
CARATTERISTICHE.....	41
VANTAGGI.....	41
SVANTAGGI.....	41
FILTRO A SABBIA.....	41
CARATTERISTICHE.....	41
VANTAGGI.....	42
SVANTAGGI.....	42
FILTRO IN CENERE D'OSSA D'ANIMALE.....	43
FILTRO IN TESSUTO.....	44
CARATTERISTICHE.....	44
VANTAGGI.....	44
SVANTAGGI.....	44
DISINFEZIONE CON IPOCLORITO.....	45
CARATTERISTICHE.....	45
VANTAGGI.....	45
SVANTAGGI.....	45
DISTILLAZIONE A.....	46
CONDENSAZIONE.....	46
DISTILLAZIONE	47
CON DISTILLATORE.....	47
SOLARE.....	47
7. APPROFONDIMENTO SULLA DISTILLAZIONE SOLARE.....	48
CENNI STORICI.....	48
LA DISTILLAZIONE SOLARE PER LA POTABILIZZAZIONE DELLE ACQUE.....	49
IL FABBISOGNO ENERGETICO PER LA DISTILLAZIONE DELL'ACQUA.....	49
MODELLO TERMICO NEI DISTILLATORI SOLARI PASSIVI A BACINO SEMPLICE.....	50
RENDIMENTO DI DISTILLAZIONE E CALORE LATENTE.....	52
RENDIMENTO GIORNALIERO.....	52
ESEMPIO DI CALCOLO.....	52
PARAMETRI CHE INFLUENZANO I RENDIMENTI NEI DISTILLATORI SOLARI.....	53
TIPI DI DISTILLATORI SOLARI.....	54
ESEMPI DISTILLATORI SOLARI.....	55
PASSIV SOLAR STILL.....	55
DISTILLATORE.....	55
SOLARE PASSIVO.....	55
CON SPUGNE PER.....	55

AUMENTARE LA.....	55
SUPERFICIE.....	55
DISPONIBILE PER.....	55
L'EVAPORAZIONE.....	55
DISTILLATORE.....	56
RIGENERATIVO A.....	56
DOPPIO VETRO.....	56
DISTILLATORE A TRIPLO BACINO.....	56
DISTILLATORE CON.....	56
SUPERFICIE DI.....	56
ASSORBIMENTO.....	56
WICK TYPE.....	57
SOLAR STILL.....	57
CONCAVE WICK.....	57
SOLAR STILL.....	57
DISTILLATORE A.....	57
DOPPIA.....	57
PENDENZA.....	57
ACTIVE SOLAR STILL.....	58
SCHEMA DI.....	59
DISTILLATORE.....	59
SOLARE ATTIVO.....	59
DISTILLATORE SOLARE CON DISPOSITIVO PER IL PRERISCALDAMENTO DELL'ACQUA.....	59
SCHEMA DI DISTILLATORE SOLARE ATTIVO CON COLLETTORE TUBOLARE PER IL PRERISCALDAMENTO DELL'ACQUA.....	59
DISTILLATORE SOLARE IBRIDO CON FOTOVOLTAICO E SOLARE TERMICO.....	60
SCHEMA DI DISTILLATORE SOLARE ATTIVO CON SCAMBIATORE DI CALORE.....	63
DISTILLATORE SOLARE ATTIVO CON COLLETTORE SOLARE PARABOLICO E SCAMBIATORE DI CALORE A SERPENTINA.....	63
DISTILLATORE SOLARE ATTIVO CON COLLETTORI SOLARI IN PARALLELO E SCAMBIATORE DI CALORE A SERPENTINA.....	63
DISTILLATORE ATTIVO MULTI LIVELLO CON SCAMBIATORE DI CALORE E COLLETTORE SOLARE TERMICO.....	64
DISTILLATORE ATTIVO CON SISTEMA DI APPROVVIGIONAMENTO CONTINUO.....	65
DISTILLATORE SOLARE ATTIVO CON MINI SOLAR POND (STAGNO SOLARE).....	66
SISTEMA MULTISTADIO DI DISTILLAZIONE SOLARE (IN SERIE).....	67
SISTEMA MULTISTADIO DI DISTILLAZIONE SOLARE (IN PARALLELO).....	67
I DISTILLATORI TUBOLARI.....	68
<u>8.PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UN PROTOTIPO DI DISTILLATORE SOLARE TUBOLARE (TSS) CON COLLETTORE SOLARE PARABOLICO.....</u>	<u>69</u>
PROGETTAZIONE DEL PROTOTIPO.....	69
FUNZIONAMENTO DEL TSS.....	70
IL TRASFERIMENTO DI MASSA E CALORE IN UN DISTILLATORE SOLARE TUBOLARE (TSS).....	71
TEST DEL PROTOTIPO.....	72
PARAMETRI ANALIZZATI:.....	74
I MIGLIORAMENTI APPORTATI DAL COLLETTORE SOLARE PARABOLICO.....	77
VALUTAZIONI SUI RISULTATI OTTENUTI.....	78
<u>9. APPROFONDIMENTO SULLE TECNICHE TRADIZIONALI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO PER LE AREE ARIDE E DESERTICHE: KHETTARA, KAREZ, QANAT</u>	<u>79</u>
IL SISTEMA OASI.....	79
LE OASI DI WADI.....	79
LE OASI DI ERG (DESERTO DI DUNE).....	80
LE OASI DI SEBKHA.....	80
CAPTAZIONE E METODI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO NELLE OASI.....	80
UNA TECNICA SOSTENIBILE DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO NATA IN PERSIA MIGLIAIA DI ANNI FA.....	82
PROGETTAZIONE DI UNA KHETTARA.....	84

VANTAGGI E SVANTAGGI.....	88
10. CASO STUDIO 1: “DAL DESERTO ALL’OCEANO”	90
<u>PROGETTO DI GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE PER SETTE OASI NELLE VICINANZE DI FOUM ZGUID, NEL SUD DEL MAROCCO.....</u>	90
SINTESI.....	90
PROGETTO DI COOPERAZIONE DECENTRATA DAL DESERTO ALL’OCEANO	91
AREA D’INTERVENTO.....	92
OASI A NORD DI FOUM ZGUID:.....	93
CONTESTO GEOGRAFICO E CLIMATICO.....	94
DENSITÀ DELL’ABITATO.....	95
.....	95
CARATTERISTICHE IDROLOGICHE, IDROGEOLOGICHE E IDRAULICHE.....	96
LA SITUAZIONE NEL COMUNE DI FOUM ZGUID.....	96
LA SITUAZIONE NELL’AREA DEI DOUAR.....	97
CARATTERISTICHE GENERALI DI QUALITÀ DELLE ACQUE NELL’AREA.....	100
CARATTERISTICHE CLIMATICHE DELL’AREA, PLUVIOMETRIA.....	100
TEMPERATURE.....	102
RISORSE ECONOMICHE.....	102
CARATTERISTICHE SOCIALI E CULTURALI.....	103
STUDIO SULLA QUALITÀ DELLE ACQUE.....	103
ANALISI DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE.....	104
METODI DI CAMPIONAMENTO.....	104
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	107
ANALISI BATTERIOLOGICHE.....	110
GRAFICI ANALISI DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE.....	115
CONDUTTIVITÀ (mScm-1 a 20° C).....	115
ALCALINITÀ.....	115
AMMONIACA.....	116
SOLFATO.....	116
DUREZZA TOTALE.....	116
SALI (NaCl).....	117
CLORURI.....	125
SODIO.....	125
METALLI.....	126
FERRO ARSENICO.....	126
ANALISI SUL CAMPO DI PARAMETRI SPEDITIVI.....	126
OSSERVAZIONI SULLE ANALISI DELLE ACQUE.....	128
CONCLUSIONI SULLE ANALISI DELLE ACQUE.....	129
AZIONI INTRAPRESE.....	129
REPORT SUI POZZI POTABILI.....	129
INDIVIDUAZIONE DI TECNOLOGIE APPROPRIATE PER LA POTABILIZZAZIONE E LA DISSALAZIONE DELLE ACQUE. IL DISTILLATORE SOLARE.....	130
INDIVIDUAZIONE DI TECNOLOGIE APPROPRIATE PER L’APPROVVIGIONAMENTO IDRICO.	130
LA KETTHARA DI FOUM ZGUID.....	132
VALUTAZIONE E RIABILITAZIONE DELLA KHETTARA DELL’OASI DI FOUM ZGUID.....	132
LA FASE DI MONITORAGGIO PREVEDE:.....	133
LA FASE DI REALIZZAZIONE PREVEDE:.....	133
CONCLUSIONI SUL PROGETTO DI RIPRISTINO DELLA KHETTARA.....	134
<u>11. BUONE PRATICHE PER LA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE ED IL RISPARMIO ENERGETICO IN AMBITO URBANO.....</u>	137
RAIN GARDEN.....	140

VERDE VERTICALE. (GREEN FAÇADES).....	145
VERDE VERTICALE MODULARE:.....	146
VERDE VERTICALE A DOPPIA PELLE:.....	147
12. CASO STUDIO 2.....	151
VERDE VERTICALE E ALTRE INFRASTRUTTURE VERDI SPERIMENTALI.....	151
IL CASO STUDIO DELL'AMPLIAMENTO DELLO STUDIO DDMYY DI MILANO.....	151
SOSTENIBILITÀ DEL PROGETTO:.....	152
SETTORI:.....	154
A.....	154
VERDE VERTICALE A DOPPIA PELLE.....	154
BENEFICI AMBIENTALI DELLE SOLUZIONI VERDI PROGETTATA.....	155
MITIGAZIONE DELLE TEMPERATURA E DELL'EFFETTO ISOLA DI CALORE.....	155
RISPARMIO ENERGETICO.....	155
MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	155
GESTIONE DELLE ACQUE:.....	156
MITIGAZIONE DEL RUMORE:.....	156
DISPOSIZIONE DELLE SPECIE DI PIANTE RAMPICANTI SCELTE.....	156
B.....	156
UN ABACO DI PIANTE AUTOCTONE IN RAREFAZIONE.....	156
C.....	156
UN MODO DA OSSERVARE:.....	156
D.....	157
ORTI MOBIL. (MOBILE URBAN FARMING).....	157
E.....	157
TETTO VERDE.....	157
F.....	158
COPERTURA CAMOUFLAGE.	158
G.....	158
PROGETTAZIONE DI VERDE DA INTERNO E QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR.....	158
H.....	158
SCHERMATURA VERDE.....	158
I.....	159
PARETE A VERDE VERTICALE PUNTUALE CON PUNTI LUCE.....	159
L.....	159
SISTEMA IDROPONICO.....	159
M.....	160
ARMADIO GERMINATOIO.....	160
N.....	160
SISTEMA ACQUAPONICO.....	160
PROGETTO DI RACCOLTA E STOCCAGGIO DELL'ACQUA PIOVANA.....	160
13. TETTI VERDI. LE COPERTURE A VERDE PENSILE.....	162
LE ORIGINI:.....	162
LE COPERTURE A VERDE.....	163
COPERTURA A VERDE ESTENSIVO:	164
COPERTURA A VERDE INTENSIVO:	164
COPERTURA A VERDE INTENSIVO LEGGERO:.....	165
DALLA NORMA UNI 11235 DEL 2007	166
DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI.....	167
ELEMENTO PORTANTE.....	167
STRATO TERMOISOLANTE.....	167

ELEMENTO DI TENUTA.....	167
ELEMENTI BITUMINOSI.....	168
ELEMENTI A BASE DI MATERIALE SINTETICO.....	168
ELEMENTO DI PROTEZIONE ALL'AZIONE DELLE RADICI.....	168
ELEMENTO DRENANTE.....	168
ELEMENTO DI ACCUMULO IDRICO.....	169
ELEMENTO FILTRANTE.....	169
STRATO COLTURALE.....	170
CONTENUTO DI MACROELEMENTI.....	171
STRATO DI VEGETAZIONE:	172
CATEGORIE DI COPERTURE A VERDE.....	173
TECNICHE COSTRUTTIVE DEI TETTI VERDI.	174
ANALISI DEL CONTESTO.....	174
SCOPI.....	176
PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI O STRATI.....	176
PROGETTAZIONE DELL'ELEMENTO DRENANTE.....	176
PROGETTAZIONE DELL'ELEMENTO DRENANTE IN ELEMENTI PREFABBRICATI.....	178
PROGETTAZIONE DELL'ELEMENTO DI ACCUMULO IDRICO.....	179
SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE.....	179
BENEFICI DEI TETTI VERDI.....	180
PROLUNGAMENTO DELLA FUNZIONALITÀ DELLA COPERTURA	180
RISPARMIO ENERGETICO E AUMENTO DELL'ISOLAMENTO TERMICO	180
MAGGIORE ISOLAMENTO ACUSTICO.....	180
TRATTENIMENTO DELLA POLVERE.....	181
MIGLIORAMENTO DEL CLIMA:.....	181
PROTEZIONE DALLE ONDE ELETTROMAGNETICHE.....	181
ELEVATA RITENZIONE IDRICA.....	181
MITIGAZIONE DELL'EFFETTO ISOLA DI CALORE.....	182
<u>14. CASO STUDIO 3.....</u>	<u>184</u>
<u>IL PROGETTO DI RICERCA “QUANTIFYING THE FUNDAMENTAL BEHAVIOR OF GREEN ROOFS IN AN URBAN ENVIRONMENT “ A NEW YORK.....</u>	<u>184</u>
GLI OBIETTIVI DEL PROGETTO.....	184
I PRINCIPALI FINANZIATORI DEL PROGETTO.....	185
IL PROBLEMA DELLA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE A NEW YORK.....	185
IL PROGETTO DI MONITORAGGIO:.....	187
I BENEFICI APPORTATI DALLE COPERTURE VERDI.....	194
<u>15. CASO STUDIO 4.....</u>	<u>199</u>
<u>PROGETTO SPERIMENTALE DI GESTIONE SOSTENIBILE DELLE RISORSE IDRICHE E DELLE AREE A VERDE PER LA CITTÀ DI PUERTO PLATA IN REPUBBLICA DOMINICANA.....</u>	<u>199</u>
AREA D'INTERVENTO.....	200
CONTESTO GEOGRAFICO, URBANO E DENSITÀ ABITATIVA.....	200
ASPETTI ECONOMICI, SOCIALI E CULTURALI.....	200
RISORSE DISPONIBILI.....	200
CONTESTO CLIMATICO.....	200
ANALISI DELLE RISORSE IDRICHE DISPONIBILI.....	201
APPROVVIGIONAMENTO IDRICO, ANALISI DEL CONTESTO.....	204
COSTI.....	205
FABBISOGNI E DISPONIBILITÀ D'ACQUA.....	205
ACQUE REFLUE E FENOMENI DI SUBSIDENZA.....	208
AREE A VERDE.....	209

INTERVENTI PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DELLE RISORSE IDRICHE NELLA CITTÀ DI PORTO PLATA:	210
TERRASCAPE. INTERVENTI A VERDE. (GREEN INFRASTRUCTURE)	211
VERDE PENSILE E FACCIATE VERDI.	212
PHASING.....	213
INTERVENTO PER L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO.	216
PREMESSA: PROGETTO CONVENZIONALE.....	216
URBAN TERRADAM: SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT FOR PORTO PLATA	217
APPROFONDIMENTO: AREA DEL MERCATO ORTOFRUTTICOLO.....	220
TERRADAM E TERRASCAPE	221
MODULI.....	224
<u>16. CONCLUSIONI</u>	225
<u>ALLEGATO A</u>	228
ANALISI EFFETTUATE SUL CAMPO.	228
ANALISI EFFETTUATE PER 35 POZZI, 25 AD USO AGRICOLO E 10 AD USO POTABILE.....	228
<u>ALLEGATO B: EFFETTI DELL'ARSENICO SULLA SALUTE</u>	230
ARSENICO NELL'ACQUA.....	230
BIBLIOGRAFIA ALLEGATO B.....	230
<u>ALLEGATO C: NORMATIVE DI RIFERIMENTO. DECRETO LEGISLATIVO 2 FEBBRAIO 2001, N. 31</u>	231
STRALCIO DALLA NORMATIVA.....	231
<u>ALLEGATO D: QUESTIONARIO DI INCHIESTA IN ARABO E ITALIANO PER IL PROGETTO IN MAROCCO</u>	235
<u>ALLEGATO E: SCHEDE DEI POZZI AD USO POTABILE. PROGETTO IN MAROCCO</u>	237
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	253
<u>RINGRAZIAMENTI E RICONOSCIMENTI</u>	258

1. Introduzione.

Quarant'anni di preservazione delle risorse naturali e venticinque anni di Sviluppo Sostenibile.

A giugno 2012 ci sarà la Conferenza delle Nazioni Unite sullo Sviluppo Sostenibile (UNCSD), denominata anche Rio+20, poiché cadrà a 20 anni dal Vertice della Terra di Rio de Janeiro UNCED del 1992. Si potrebbe dire anche "Rio+40" dato che cadrà anche a 40 anni di distanza dalla Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente Umano del 1972 a Stoccolma quando si parlò per la prima volta di **preservazione delle risorse**.

"Le risorse naturali della Terra ivi comprese l'aria, l'acqua, la terra, la flora e la fauna, e particolarmente i campioni rappresentativi degli ecosistemi naturali, devono essere preservati nell'interesse delle generazioni presenti e future, attraverso un'adeguata pianificazione e gestione. La capacità della Terra di produrre risorse rinnovabili essenziali deve essere mantenuta, e, sempre che sia possibile, ristabilita e migliorata. [...]Le risorse non rinnovabili della Terra devono essere utilizzate in modo tale da non rischiare il loro esaurimento ed in modo tale che i vantaggi derivanti dalla loro utilizzazione siano condivisi da tutta l'umanità ."

Sempre nel '72 i ricercatori dell'MIT producevano il **Rapporto sui limiti dello sviluppo (the limith of growth)** commissionato dal Club di Roma. Mentre nel 1983 viene istituita dall'ONU la Commissione Mondiale su Sviluppo e Ambiente, presieduta dall'allora premier norvegese Gro Harlem Brundtland, che elabora il rapporto Brundtland (*Our Common Future*) 1987 che contiene l'attuale condivisa definizione di sviluppo sostenibile:

***Lo sviluppo sostenibile** è un processo finalizzato al raggiungimento di obiettivi di miglioramento ambientale, economico, sociale ed istituzionale, sia a livello locale che globale. Tale processo lega quindi, in un rapporto di interdipendenza, la tutela e la valorizzazione delle risorse naturali alla dimensione economica, sociale ed istituzionale, al fine di soddisfare i bisogni delle attuali generazioni, evitando di compromettere la capacità delle future di soddisfare i propri. In questo senso la sostenibilità dello sviluppo è incompatibile in primo luogo con il degrado del patrimonio e delle **risorse naturali (che di fatto sono esauribili)** ma anche con la violazione della dignità e della libertà umana, con la povertà ed il declino economico, con il mancato riconoscimento dei diritti e delle pari opportunità.*

Nel '91 da IUCN, UNEP e WWF viene definito il concetto di sostenibilità come *"un miglioramento della qualità della vita umana compatibile con la capacità di carico degli ecosistemi che la sostengono"*. Il concetto di sviluppo sostenibile in Italia, si trova nel D.Lgs. 3 aprile 2006, n. **152**, in materia "ambientale", con le modifiche apportate dal D.lgs 16 gennaio 2008, n. 4.

Per chi si occupa di sostenibilità ambientale e gestione delle risorse è d'obbligo una riflessione su cosa è cambiato dal 1972 ad oggi e cosa hanno prodotto questi 40 anni di dibattiti. Inoltre sarà interessante leggere la nuova dichiarazione delle Nazioni Unite.

Con i suoi venticinque anni di età il concetto di sviluppo sostenibile ormai si può definire adulto, ma nonostante sia anche presente in normative ambientali, appare ancora scarsamente operativo. La maggiore critica che ha subito questa definizione di sviluppo sostenibile è di non definire il concetto di sviluppo e di affidarsi comunque a indici economici classici come il PIL (Gross Domestic Product GDP) per la sua quantificazione. Nel 2002 al Vertice Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile a Johannesburg si è corso ai ripari sottolineando che *la crescita economica non è la base dello sviluppo ma è opportuno distinguere tra crescita e sviluppo. E' prioritario lo sviluppo rispetto alla crescita economica ed è necessario valutare i costi sociali ed ambientali delle politiche*. Proprio per le citate incongruenze, dagli anni 70 in poi in alternativa al PIL furono proposti indici come l' *ISEW (Index of Sustainable Economic Welfare)* in seguito raffinato nel *GPI (Genuine Progress Indicator)* che nella versione italiana è il *RIBES (Ricostruzione di un Indice di Benessere Sostenibile)*. Questi indici a differenza del PIL scorporano dal calcolo tutte le spese dovute

a mitigare il disagio sociale e il depauperamento delle risorse naturali e della diminuzione della qualità dell'ambiente, valorizzando invece anche le forme di lavoro non retribuito. Dagli anni 90 L'UNDP pubblica un report annuale del *HDI (Human Development Index)* che prende in considerazione sia il *PIL (GDP)* con l'Indice di Educazione (*Education Index*) quello della salute (*Health Index*). Questi indici riescono a dare un quadro più complessivo della condizione di un paese rispetto al PIL. Nonostante questi strumenti gli interventi fatti in nome dello sviluppo sostenibile sembrano ancora essere *poco mirati*. A sottolinearlo anche chi condivide le idee di *Decrescita*¹ nata come critica al modello attuale di sviluppo e che considera un "ossimoro" il concetto di sostenibilità accorpato al concetto di sviluppo come è inteso oggi.

Nonostante si difficile nascondere la lentezza con cui avvengono certi processi di cambiamento si ritiene che a distanza di 40 dalla conferenza di Stoccolma molto è cambiato. Sicuramente c'è una maggiore consapevolezza sull'importanza delle risorse. Dal punto di vista scientifico la ricerca ha fatto passi da gigante in termini di sostenibilità sia come pratiche di gestione delle risorse che dell'utilizzo di tecnologie e materiali meno impattanti. Lento è anche il processo della definizione di norme, leggi e linee guida a sostegno delle "buone pratiche"; negli ultimi anni dal punto di vista Comunitario si riscontra un notevole miglioramento. La parte normativa rimane un passaggio importante dato che sono ancora in molti quelli che considerano le buone pratiche solo quando diventano obbligatorie. Nonostante questo ci sono dei pionieri che abbracciano il tema della sostenibilità e s'incamminano in progetti esemplari. L'amministrazione della città di Copenaghen ha completato il suo *Piano per il Clima* nel 2009, mettendo a budget interventi di verde pubblico, di verde pensile, di approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili, di mobilità ciclabile e di risparmio idrico ed energetico con l'obiettivo entro il 2025 di diventare la prima capitale ad emissioni zero (*carbon neutral*). L'esperienza insegna che questi "pionieri" grandi o piccoli che siano alla lunga ne trarranno beneficio dimostrando di aver intrapreso scelte oculate. Mi viene in mente l'esperienza del CAT (Center for Alternative Technology) del Galles fondato più di trenta anni fa da uno sparuto gruppo di ecologisti che voleva essere autosufficiente e ad *emissioni zero*. Oggi al CAT si continuano a sperimentare le ultime innovazioni sulla sostenibilità dell'abitato ed è un luogo per Master e seminari sui temi dell'architettura sostenibile e delle energie rinnovabili di alcune Università di Londra. Avendo lavorato al CAT per sette mesi nel 2007 posso confermare che chi l'ha fondato non si sbagliava. Le iniziative prese dalla città di Copenaghen come quella del piccolo centro del Galles sono un esempio di buona pratica che verrà imitato. Oggi credo sia importante continuare a ricercare soluzioni innovative in merito alla sostenibilità ambientale e alla gestione delle risorse e applicarle tenendo conto del contesto in cui si opera. Le buone soluzioni troveranno una facile diffusione. L'espansione della *green economy*, che non a caso sarà uno dei due temi centrali del congresso di giugno delle Nazioni Unite a Rio de Janeiro, è di fatto la conferma che non solo la strada della sostenibilità è diventata obbligata, visto lo "stato di salute" del pianeta, ma che è anche l'ultima "carta da giocare" per le economie in crisi delle nazioni più industrializzate. La *green economy* non sarà trattata nelle pagine che seguono, ma si intende contribuire al dibattito sulle buone pratiche per la gestione delle risorse considerando il problema con un'ottica internazionale.

2. Una disomogenea distribuzione delle risorse

A summary of the monograph
World Water Resources

prepared in the framework of the
International Hydrological
Programme
by
Igor A. Shiklomanov
Director
State Hydrological Institute
St Petersburg, Russia

Il tema delle risorse è al centro delle economie e dei conflitti mondiali da sempre. (0) Sulla crisi delle risorse idriche ed energetiche a livello globale è stato detto molto.(1)

E' importante distinguere tra risorse rinnovabili e non rinnovabili. Se per le energie la distinzione sicuramente chiara a tutti per le risorse idriche si riporta una breve descrizione. I volumi d'acqua annualmente rinnovabili sono quella parte delle precipitazioni annue che non va persa nell'evaporazione ed alimenta fiumi, laghi e falde poco profonde. In realtà nelle acque rinnovabili rientrerebbe anche una parte delle acque

evaporate chiamate "acque verdi" (green water) che sono quelle che le piante assorbono dall'atmosfera. Le acque annualmente rinnovabili sono quelle a cui è possibile accedere in modo sostenibile essendo un volume che si rinnova ogni anno (in base alle precipitazioni annuali). Le acque dolci non rinnovabili sono quelle delle falde profonde non affrontate da questa ricarica. Lo studio World Water Resources condotto da I. Shiklomanov nel 1998 è un caposaldo in materia.

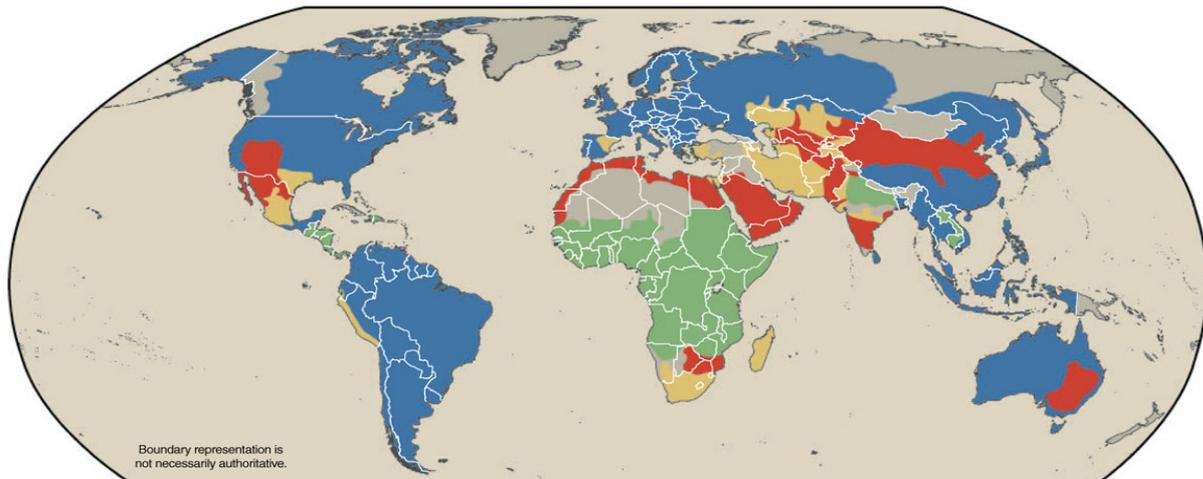
Tabella1 Percentuali acqua dolce e salata, Fonte Shiklomanov,I.A., 1998. World Water Resources, UNESCO

Tipologia	Km ³	%Acqua totale	% Acqua dolce
Acqua totale	1 500 000 000 000	100 %	
Acque Salate	1 462 500 000 000	97,5 %	
Acqua dolce presente sulla Terra	37 500 000 000	2,5 %	100 %
Ghiacciai e nevi perenni	25 837 500 000	1,723 %	68,9 % (del 2,5%)
Riserve idriche sotterranee	11 212 500 000	0,748 %	29,9 % (del 2,5)
Altro: umidità Suolo/ aria, paludi..	337 500 000	0,023 %	0,9 % (del 2,5%)
Corpi idrici superficiali, falde poco profonde.	112 500 000	0,008 %	0,3 % (del 2,5%)

Il problema principale dell'accesso alle risorse non è solo legato alla quantità delle risorse disponibili ma alla loro disomogenea distribuzione sulla terra. In oltre a volte se pur le risorse sono disponibili in un territorio si presenta il problema della mancanza di tecnologie ed economie per una gestione ottimale della raccolta e della canalizzazione della risorsa.

Il problema legato alle risorse quindi è di tipo fisico quando le risorse disponibili sono inferiori a quelle richieste dalla popolazione locale: **Physical Scarcity** o di tipo economico quando sebbene le risorse sono disponibili localmente, la popolazione non ha i mezzi tecnici ed economici per accedervi correttamente: **Economic Scarcity**.

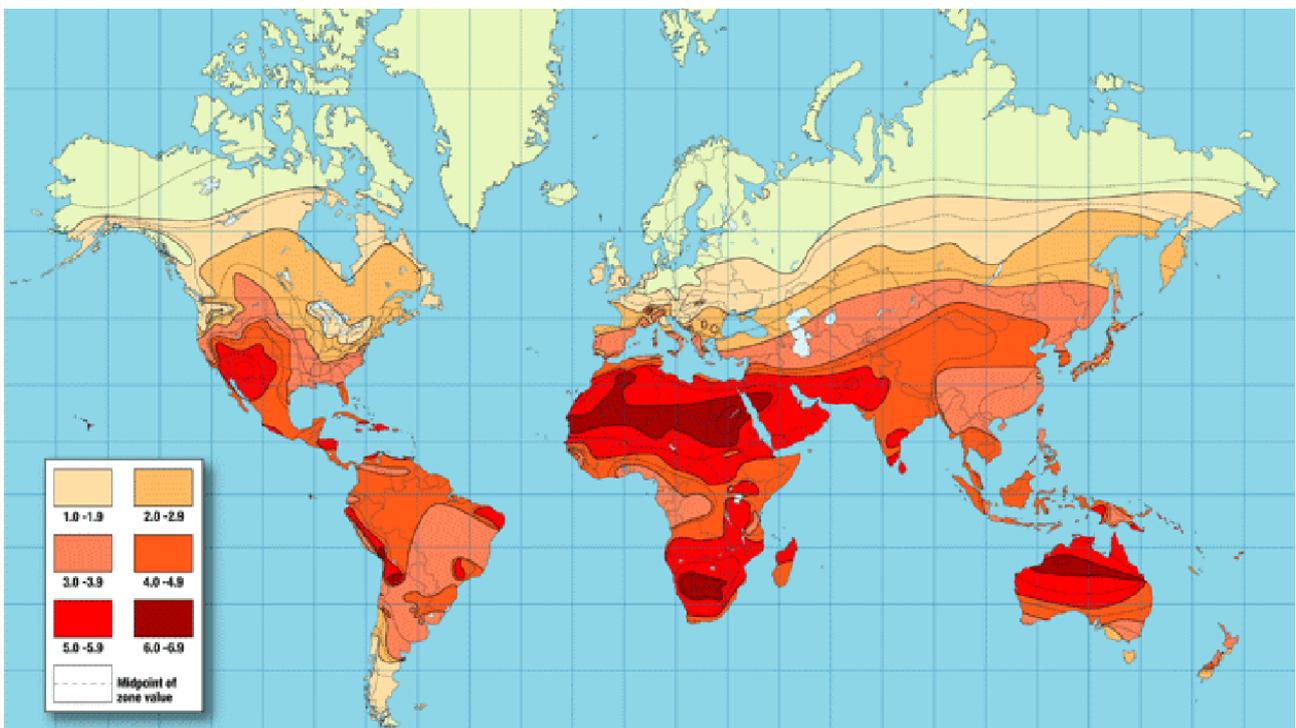
Projected Global Water Scarcity, 2025



- **Physical water scarcity:** More than 75% of river flows are allocated to agriculture, industries, or domestic purposes. This definition of scarcity — relating water availability to water demand — implies that dry areas are not necessarily water-scarce.
- **Economic water scarcity:** Water resources are abundant relative to water use, with less than 25% of water from rivers withdrawn for human purposes, but malnutrition exists.
- **Approaching physical water scarcity:** More than 60% of river flows are allocated. These basins will experience physical water scarcity in the near future.
- **Little or no water scarcity:** Abundant water resources relative to use. Less than 25% of water from rivers is withdrawn for human purposes.
- **Not estimated**

Source: International Water Management Institute.

Facendo un ragionamento analogo sulle potenzialità della produzione di energia solare in base alla distribuzione dell'irraggiamento solare giornaliero medio sulla terra, mostrato nella figura che segue, ci accorgeremmo che molte delle aree con la maggiore disponibilità d'irraggiamento solare hanno in genere difficoltà di tipo economico. In questo caso si potrebbero individuare aree soggette a *Economic Solar Scarcity* e a *Physical Solar Scarcity*.



Inoltre le aree da dove proviene la maggiore domanda energetica appaiono estremamente localizzate se si osserva l'intera estensione del pianeta. Il fenomeno delle megalopoli (l'esplosione urbana delle *megacities*) ha accentrato i consumi nelle zone urbane creando sempre maggiori complessità in termini di gestione delle risorse.

Se fino a pochissimi anni fa nella comunità scientifica sembravano esserci ancora pareri discordanti sul problema dell'accesso alle risorse, oggi da molti ambiti sono state date conferme ben documentate che un approccio sostenibile alla gestione delle risorse appare una strada obbligata.

Figure 5: Oil producing countries past peak

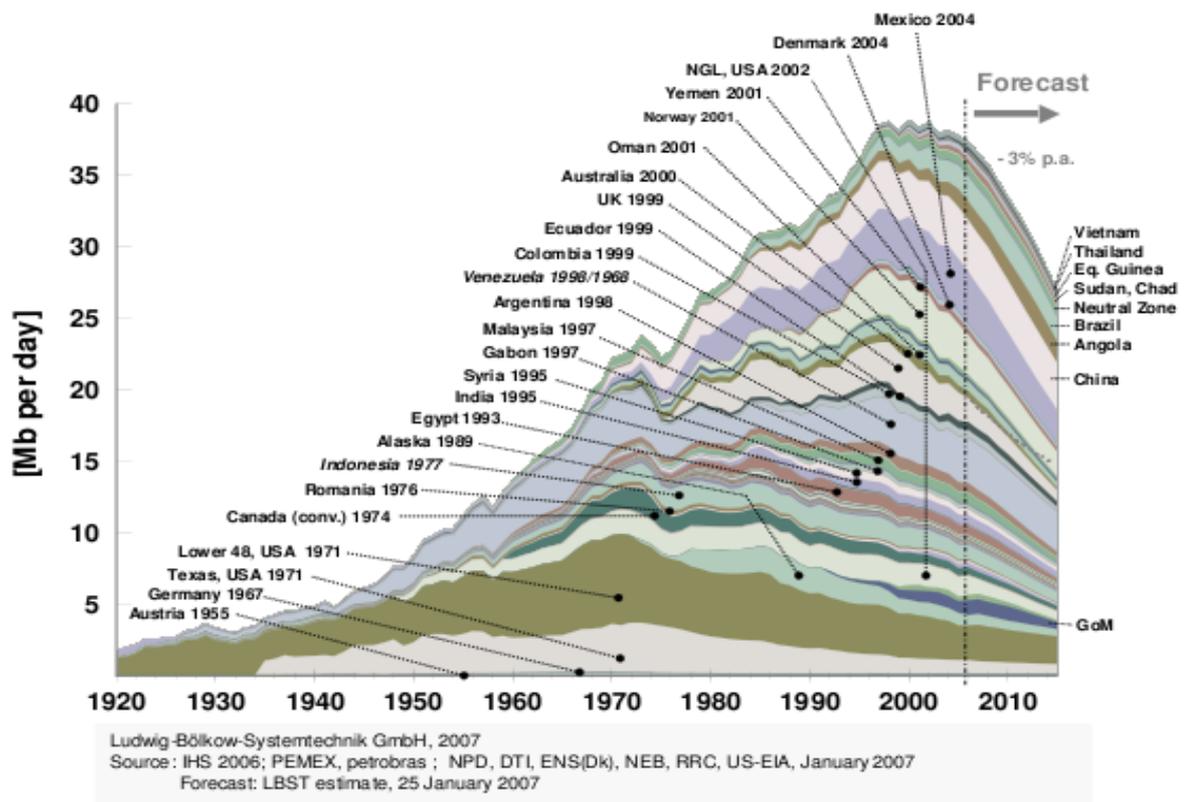


Figura Peak Oli per i paesi maggiori estrattori di Petrolio e gas naturale.

Con questa tesi di dottorato non ci si vuole dilungare sul quantificare la disponibilità delle risorse idriche ed energetiche, su cui sono stati prodotti interessanti documenti,(3) ma si vuole delineare uno scenario sulle soluzioni e le buone pratiche d'intervento. Si intende fare una panoramica sulle buone pratiche per la gestione delle risorse e le tecnologie appropriate esistenti e portare un contributo in questo settore sia con delle valutazioni di tipo teorico che con dei progetti concreti.

3. Le linee guida per la gestione sostenibile delle risorse idriche ed il risparmio energetico per l'abitato urbano e rurale.

I maggiori consumi delle risorse idriche ed energetiche provengono dall'edilizia abitativa. La corretta gestione delle aree abitate può fare la differenza in termini di sostenibilità. Ristabilire i rapporti dell'abitato con le risorse consumate e generate significherebbe attuare un radicale cambiamento nello sviluppo e negli impatti sul pianeta. Citando Jeremy Rifkin si può dire che sarebbe come una *terza rivoluzione industriale*. Per questo in questa tesi è stato dato molto spazio alla descrizione di tecnologie e strategie progettuali legate alle buone pratiche ed al risparmio delle risorse idriche ed energetiche nell'abitato urbano e rurale.

3.1 Panoramica sugli strumenti a disposizione

Negli ultimi anni sono state sviluppate molte metodologie, linee guida, teorie e pratiche con l'intento di progettare l'abitato tenendo conto delle risorse naturali. In questo capitolo si vuole dare una panoramica su queste strategie con particolare attenzione a quelle maggiormente legate al buon utilizzo delle risorse idriche ed energetiche.

Per questo si è deciso di riportare delle brevi definizioni che serviranno a delineare il contesto della ricerca e a fornire un background dove introdurre i casi studio che sono nella seconda parte di questo elaborato. Le definizioni che seguono interessano teorie, pratiche progettuali, procedure di calcolo e certificazioni che fanno parte di un bagaglio culturale indispensabile per chi ricerca nell'ambito della sostenibilità e del buon utilizzo delle risorse.

Strumenti per la progettazione sostenibile

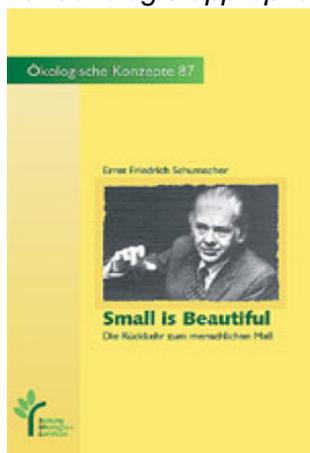
Tecnologie Appropriate (TA)

Una tecnologia è detta "appropriata" quando è compatibile con i bisogni propri della natura umana, con le condizioni culturali, naturali ed economiche locali e utilizza risorse umane, materiali ed energetiche che sono disponibili sul posto, con strumenti e processi controllati e gestiti dalla popolazione locale. Le Tecnologie appropriate devono essere auto alimentate, e devono assicurare il benessere della popolazione locale.

L'essenza della tecnologia appropriata è che l'utilità o il valore della tecnologia deve essere consolidato dall'ambiente politico, culturale, economico sociale in cui essa viene utilizzata.

Le tecnologie appropriate sono quelle che:

- Socialmente migliorano le condizioni di vita;
- Economicamente usano in maniera saggia le risorse del pianeta;
- Ecologicamente rispettano gli equilibri e le leggi della natura;
- Non impongono culture, ideologie o tecnologie non adatte allo scenario ambientale e sociale specifico di azione;
- Valorizzano le tradizioni culturali, gli usi, i costumi e le tecnologie dei popoli nativi e quindi non sono invasive.



Il concetto di una tecnologia appropriata o tecnologia intermedia è stato sviluppato sin dalla fine degli anni sessanta da alcuni economisti primo tra tutti Ernest Fritz Schumacher.

Figura Copertina del libro Small is beautiful di Shumacher.

Secondo Ernest Fritz Schumacher, economista inglese, amministratore del governo di Londra per le ex colonie d'oriente, lo sviluppo economico, e conseguentemente sociale, delle aree colpite da povertà può essere risolto solamente con quella che lui chiama tecnologia intermedia, ovvero di tecnologie che si collocano in una posizione intermedia fra quelle disponibili a livello estremamente basso e quelle a livello estremamente alto.

Il termine "Tecnologie Intermedie" o "Tecnologie Appropriate" si diffuse durante la crisi energetica del 1973 e si sviluppò durante la diffusione del movimento ambientalista degli anni '70 in Inghilterra. Proprio nel '73 Schumacher ha pubblicato il suo libro "Small is beautiful" che è diventato un libro di riferimento nell'ambito delle TA.

Le Tecnologie Intermedie, o Tecnologie Appropriate (TA), hanno avuto una notevole applicazione nei Paesi in via di Sviluppo (PVS) e nei progetti di Cooperazione decentrata allo sviluppo.

Altre caratteristiche delle tecnologie appropriate possono così riassumersi:

- facile riproducibilità con le risorse disponibili sul posto;
- forte radicamento nella realtà locale;
- partecipazione delle comunità locali;
- semplicità gestionale;
- piccola scala;
- riduzione dell'impatto ambientale;
- basso costo.

Le aree in cui si applicano le tecnologie appropriate sono principalmente quelle riguardanti i servizi alle comunità: salute, acqua, sanità, energia, educazione, infrastrutture.

Buone Pratiche per la gestione delle risorse

Per migliore pratica o migliore prassi (dall'inglese best practice) si intendono in genere le esperienze più significative, o comunque quelle che hanno permesso di ottenere migliori risultati, relativamente a svariati contesti. A seconda dell'ambito, le "migliori prassi" possono essere definite come raccolta di esempi, che vengono opportunamente formalizzati in regole e linee guida per poter essere osservate.

Nell'ambito della gestione delle risorse le buone pratiche sono quelle che ottengono i migliori risultati possibili mantenendo i principi di sostenibilità e di sviluppo sostenibile.

La comunità Europea ha anche realizzato un archivio di buone pratiche che raccoglie progetti con caratteristiche ambientali in numerose città europee con la speranza che i progetti funzionano da esempio e vengono replicati anche in altre città.

LID (Low Impact Development)

LID è un approccio di sviluppo del territorio (o ri-sviluppo) che lavora con la natura per la gestione delle acque meteoriche il più vicino alla sua fonte possibile. LID impiega principi quali la salvaguardia e il ripristino di elementi caratteristici del paesaggio naturale, riducendo al minimo le aree impermeabili e creando aree di drenaggio per gestire l'acqua piovana come una risorsa piuttosto che un prodotto di scarto. Ci sono molte pratiche che sono state usate per seguire questi principi come i tetti verdi, aree di vegetazione urbana, marciapiedi permeabili, asfalti permeabili. Attuando le pratiche LID, si gestisce l'acqua riducendo gli impatti nelle aree edificate, favorendo il movimento naturale delle acque all'interno di un ecosistema o di un bacino idrografico. Applicato su vasta scala, LID può mantenere o ripristinare le funzioni idrologiche ed ecologiche di un bacino idrografico. LID è stato riconosciuto come una pratica sostenibile per la gestione delle acque piovane dalla Water Environment Foundation Research e da molti altri.

Green infrastructure

L'infrastruttura verde o meglio, Green infrastructure, è un concetto nato a metà anni novanta negli Stati Uniti che sottolinea l'importanza dell'ambiente naturale nelle decisioni riguardanti la pianificazione territoriale.

In particolare sottolinea il contributo "Life Support" fornito da gli ecosistemi naturali, con particolare attenzione alla interconnettività per la sostenibilità a lungo termine. Gli esempi includono anche progetti per aree verdi ricreative e piccole riserve naturali in città. L'EPA (Environmental Protection Agency degli Stati Uniti) estende il concetto delle infrastrutture verdi anche ai temi di depurazione delle acque e alla diminuzione del deflusso superficiale.

Architettura Bioclimatica

Usa gli elementi naturali del sito (il sole, il vento, l'acqua, il terreno e la vegetazione) per realizzare edifici termicamente efficienti in grado di soddisfare i requisiti di comfort termico, indipendentemente dall'uso di impianti di climatizzazione.

L'approccio bioclimatico è legato al principio di autosufficienza e alla consapevolezza che i principali fenomeni che influiscono negativamente sull'ambiente sono causati dal consumo di grandi quantità di energia non rinnovabile. L'edilizia è un settore altamente inquinante poiché gran parte delle emissioni dei gas e di CO2 proviene proprio dagli impianti di climatizzazione e di riscaldamento.

Lo scopo dell'architettura bioclimatica è il controllo del microclima interno, con strategie progettuali "passive" che, minimizzando l'uso di impianti meccanici, massimizzano l'efficienza degli scambi termici tra edificio e ambiente.

Tecnologie Bioclimatiche

1. TECNOLOGIE COSTRUTTIVE

1.a **NEO-TRADIZIONALI**: basate sulla riscoperta e rielaborazione di tecnologie antiche a basso impatto ambientale (terra cruda, struttura lignea massiccia, muratura in laterizio portante, murature e volte in tufo, ecc.) in continuità con i sistemi costruttivi e forme del passato ma sviluppate secondo logiche e forme originali

1.b **LEGGERE**: che utilizzano sistemi costruttivi innovativi basati su materiali dal contenuto energetico basso, con cui sia possibile realizzare strutture caratterizzate dalla estrema leggerezza (cartone strutturale, strutture assemblate in legno o derivati del legno, cls cellulare, strutture di materiali derivanti dall'agricoltura, ecc.)

2. TECNOLOGIE DI INVOLUCRO

2.a **DI TAMPONAMENTO**: basate sull'incremento dello spessore o del numero degli strati che costituiscono il pacchetto di tamponamento o l'involucro dell'edificio e finalizzato al controllo del microclima interno attraverso la riduzione delle dispersioni di calore e il controllo dei flussi in ingresso (super-isolamenti, pareti a doppia pelle, superfici esterne selettive, griglie protettive, sistemi di schermatura, ecc.).

3. TECNOLOGIE ENERGETICHE

3.a **ATTIVE RINNOVABILI**: basate sulla completa integrazione di una serie di componenti attivi nello sfruttamento delle risorse rinnovabili (solare termico e fotovoltaico, energia del vento, geotermia, ecc.) con il disegno architettonico dell'edificio

3.b **ATTIVE IMPIANTISTICHE**: basate sull'impiego di dispositivi impiantistici ad alto rendimento (pompe di calore, impianti/elementi ad alta efficienza, recuperatori/scambiatori di calore, ecc.) che consentano l'uso di risorse energetiche non nobili (biomasse, biofuel, calore naturale), il recupero di energie di scarto da reimmettere nel ciclo.

3.c **PASSIVE**: basate sull'integrazione nel disegno degli spazi, dei volumi e degli elementi architettonici, di componenti e dispositivi in grado di garantire da un lato il recupero di risorse anche non energetiche, dall'altro lo sfruttamento delle proprietà dei materiali e dei fluidi per la climatizzazione degli ambienti (ventilazione naturale, massa termica, camini di ventilazione, camini di luce, sistemi a guadagno solare ed effetto serra, sistemi di riciclo e recupero delle acque, ecc.)

Bio Architettura

La bioarchitettura è l'insieme delle discipline che presuppongono un atteggiamento ecologicamente corretto nei confronti dell'ecosistema. In una visione caratterizzata dalla più ampia interdisciplinarietà e da un utilizzo parsimonioso delle risorse, la bioarchitettura tende a integrare le attività dell'uomo alle preesistenze ambientali ed ai fenomeni naturali, al fine di realizzare un miglioramento della qualità della vita attuale e futura. (Tratto dallo Statuto dell'Istituto Nazionale di Bioarchitettura)

Architettura sostenibile

L'architettura sostenibile (detta anche green building, bioarchitettura o architettura bioecologica) progetta e costruisce edifici in grado di limitare gli impatti nell'ambiente. Piuttosto disciplinare, l'architettura sostenibile è un approccio culturale al progetto che fa riferimento alla Baubiologie (bioedilizia) nata negli anni '70 in Germania, e che si è poi sviluppata includendo i principi ecologici e il concetto di sviluppo sostenibile.

“Construction for destruction”, progettare per il Riuso, progettare per il riciclo.

Questa strategia progettuale mira a pensare il progetto in un'ottica di “discarica zero”. L'obiettivo è di riutilizzare o riciclare tutto il materiale utilizzato per realizzare l'opera. Per fare questo sin dall'ideazione del progetto fino alla progettazione e alla realizzazione bisognerà seguire le linee guida che verranno elencate di seguito:

- Usare materiali riciclabili
- Evitare materiali tossici e pericolosi
- Evitare materiali composti
- Usare il minor numero di tipi di materiali
- Minimizzare il numero di componenti
- Facilitare l'identificazione dei materiali
- Usare giunture meccaniche e non chimiche
- Usare il minor numero possibile di giunture
- Usare sistemi costruttivi aperti con parti incrementabili
- Usare una progettazione modulare
- Usare tecnologie di assemblaggio a secco
- Separare la struttura dall'involucro

- *Rendere accessibili tutti i componenti*
- *Facilitare il disassemblaggio delle parti*
- *Minimizzare i tipi di connessione e progettare connessioni reversibili.*

Life Cycle Thinking

Life Cycle Thinking è definito come una strategia di produzione e di consumo che mira a tener conto di tutti gli impatti (ambientali, economici e sociali) che un prodotto o un servizio avrà durante tutto il suo ciclo di vita, "dalla culla alla tomba".

Strumenti di Analisi, valutazione e certificazione:

Life cycle assesment

Life Cycle Assessment (in italiano "analisi del ciclo di vita", conosciuto anche con l'acronimo LCA) è una metodologia di analisi che valuta un insieme di interazioni che un prodotto o un servizio ha con l'ambiente, considerando il suo intero ciclo di vita che include i punti di riproduzione (quindi anche estrazione e produzione dei materiali), produzione, distribuzione, uso (quindi anche riuso e manutenzione), il riciclaggio e la dismissione finale. La LCA (come definito nella norma ISO 14040) considera gli impatti ambientali del caso esaminato nei confronti della salute umana, della qualità dell'ecosistema e dell'impoverimento delle risorse, considerando inoltre gli impatti di carattere economico e sociale. Gli obiettivi dell'LCA sono quelli di definire un quadro completo delle interazioni con l'ambiente di un prodotto o di un servizio, contribuendo a comprendere le conseguenze ambientali direttamente o indirettamente causate e quindi dare a chi ha potere decisionale (chi ha il compito di definire le normative) le informazioni necessarie per definire i comportamenti e gli effetti ambientali di una attività e identificare le opportunità di miglioramento al fine di raggiungere le migliori soluzioni per intervenire sulle condizioni ambientali.

Impronta Ecologica

L'impronta ecologica è un indice statistico utilizzato per misurare la richiesta umana nei confronti della natura. Essa mette in relazione il consumo umano di risorse naturali con la capacità della Terra di rigenerarle.

VIA

La valutazione di impatto ambientale (VIA) è una procedura amministrativa di supporto per l'autorità decisionale finalizzata a individuare, descrivere e valutare gli impatti ambientali prodotti dall'attuazione di un determinato progetto. La procedura di VIA è normata come strumento di supporto decisionale tecnico-amministrativo. Nella procedura di VIA la valutazione sulla compatibilità ambientale di un determinato progetto è svolta dalla pubblica amministrazione, che si basa sia sulle informazioni fornite dal proponente del progetto, sia sulla consulenza data da altre strutture della pubblica amministrazione, sia sulla partecipazione della gente e dei gruppi sociali. In questo contesto con "impatto ambientale" si intende un effetto causato da un evento, un'azione o un comportamento sullo stato di qualità delle componenti ambientali (non necessariamente componenti naturali). Gli impatti ambientali - da non confondere con inquinamenti o degni di componenti naturali - mostrano quali modifiche di stato ambientale possono produrre le azioni e le pressioni antropiche. Nella VIA si cerca quindi di stimare quali sono gli impatti, cioè le modifiche, positive o negative, degli stati ambientali di fatto, indotti dall'attuazione di un determinato progetto. Un obiettivo importante delle procedure di VIA è quello di favorire la partecipazione della gente nei processi decisionali sull'approvazione dei progetti.

VAS

La Valutazione Ambientale Strategica (VAS) è un processo finalizzato ad integrare considerazioni di natura ambientale nei piani e nei programmi, per migliorare la qualità decisionale complessiva. In particolare l'obiettivo principale della VAS è valutare gli effetti ambientali dei piani o dei programmi, prima della loro approvazione (ex ante), durante ed al termine del loro periodo di validità (in-itinere, ex post). Ciò serve soprattutto a sopperire alle mancanze di altre procedure parziali di valutazione ambientale, introducendo l'esame degli aspetti ambientali già nella fase strategica. Altri obiettivi della VAS riguardano sia il miglioramento dell'informazione della gente sia la promozione della partecipazione pubblica nei processi di pianificazione-programmazione.

Certificazione LEED

Il sistema statunitense di classificazione dell'efficienza energetica e dell'impronta ecologica degli edifici LEED (acronimo di The Leadership in Energy and Environmental Design), sviluppato dallo U.S. Green Building Council (USGBC), fornisce un insieme di standard di misura per valutare le costruzioni ambientalmente sostenibili. Dalla sua prima elaborazione nel 1998, il LEED è cresciuto fino ad includere più di 14.000 progetti edilizi in più di 50 stati degli U.S.A. e altri 30 paesi che

coprono 99 km² di aree in sviluppo. L'aspetto principale del LEED è che si tratta di un processo aperto e trasparente dove i criteri tecnici proposti dai comitati LEED vengono pubblicamente rivisti per l'approvazione da più di 10.000 organizzazioni che formano parte del USGBC. I professionisti riconosciuti per la loro conoscenza del sistema di rating LEED possono fregiarsi del titolo "LEED Accredited Professional" con acronimo "LEED AP" dopo il loro nome, titolo che indica il superamento degli esami di abilitazione concessi dal "Green Building Certification Institute" (un'organizzazione autonoma che gestisce gli accrediti della USGBC).

I criteri del LEED sono stati creati per raggiungere i seguenti scopi:

- Definire il concetto di "edificio verde" stabilendo uno standard comune di misura.
- Promuovere pratiche integrate, di progettazione per l'intero edificio.
- Dare un riconoscimento ai leader dell'industria della costruzione attenti al rispetto dell'ambiente.
- Stimolare la competizione nello sviluppo di progetti, materiali e metodi costruttivi verdi.
- Aumentare la consapevolezza dei benefici che porta la "costruzione verde".
- Trasformare il mercato dell'edilizia.
- Orientato con occhio ai guadagni, per ottenere il maggiore profitto possibile pur mantenendo l'aspetto di progetto orientato all'ecologia globale.
- Adempimento a tutti gli obblighi di legge dell'edilizia, mantenendo allo stesso tempo il maggiore profitto possibile.
- Esistono diverse versioni del sistema di classifica disponibili per tipi specifici di progetto:
- LEED for New Construction: New construction and major renovations (the most commonly applied-for LEED certification)
- LEED for Existing Buildings: Edifici esistenti che cercano la il certificato LEED
- LEED for Commercial Interiors: Interni di edifici commerciali che vengono adeguati dagli affittuari
- LEED for Core and Shell: Progetti del core e del contenitore (totale delle migliorie al edificio meno gli adeguamenti fatti dagli affittuari)
- LEED for Homes: Case
- LEED for Neighborhood Development: Sviluppo di quartieri ecologici
- LEED for Schools: Riconosce la natura speciale della progettazione e della costruzione delle scuole K-12
- LEED for Retail: Consiste di due sistemi di valutazione. Uno basato sulle specifiche "New Construction and Major Renovations version 2.2" L'altro si basa su "LEED for Commercial Interiors version 2.0".

BREEAM

Il BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) è un sistema volontario di misura della sostenibilità di un edificio sviluppato in Inghilterra dal Building Research Establishment (BRE). Rappresenta per l'Inghilterra quello che rappresenta il LEED negli Stati Uniti, il Green Star in Australia, e l'HQE in Francia.

ITACA

il Protocollo Itaca: Il Protocollo Itaca è un sistema di valutazione della sostenibilità energetico-ambientale degli edifici introdotto ed approvato nel 2004 dal Gruppo di Lavoro Interregionale in materia di Bioedilizia con lo scopo di formulare una serie di regole condivise a livello nazionale per la definizione di progetti con caratteristiche di bioedilizia.

EMAS

Il Sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS = Eco-Management and Audit Scheme) è un sistema a cui possono aderire volontariamente le imprese e le organizzazioni, sia pubbliche che private, aventi sede nel territorio della Comunità Europea o al di fuori di esso, che desiderano impegnarsi nel valutare e migliorare la propria efficienza ambientale. (tratto da ISPRA)

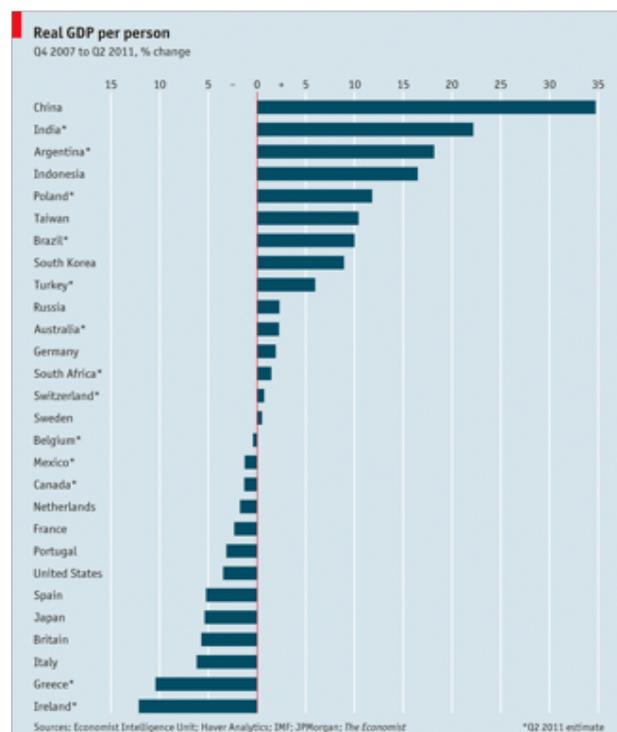
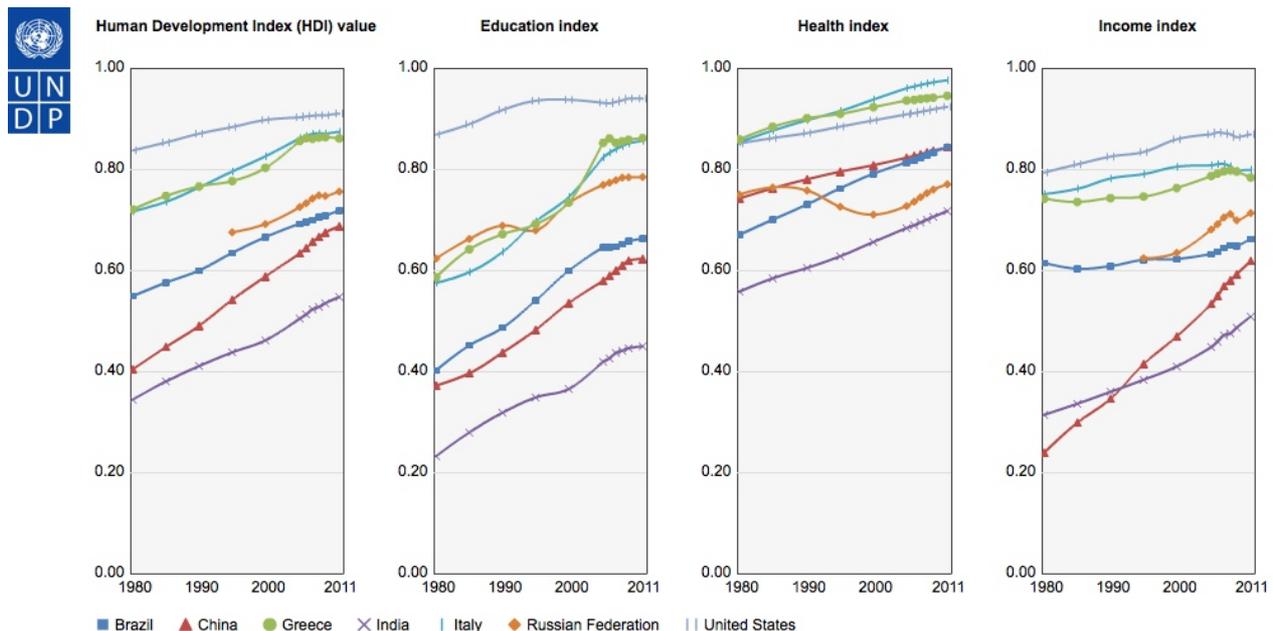
Altri concetti ritenuti interessanti e non riportati per brevità son: Smart Grow, Best Management Practice (BMP), Zero Carbon Design

4. Una visione globale e un approccio “site specific” per la gestione delle risorse. Site Specific Sustainable Approach (S3A)

Come è cambiato lo scenario internazionale

I recenti stravolgimenti economici hanno marcato un cambiamento nello sviluppo e la gestione delle risorse a livello globale. Paesi come Brasile, Russia, India, Cina e Sud Africa (BRICS) che sino a pochi anni fa, Russia a parte, rientravano tra i paesi in via di sviluppo (PVS) oggi sono tra le più grandi potenze mondiali in termini di fatturato e di HDI. Allo stesso tempo alcuni dei paesi del Nord del mondo: Stati Uniti, Giappone, Italia, Irlanda, Islanda, Spagna e Grecia, stanno attraversando una delle più grandi crisi finanziarie di tutti i tempi.

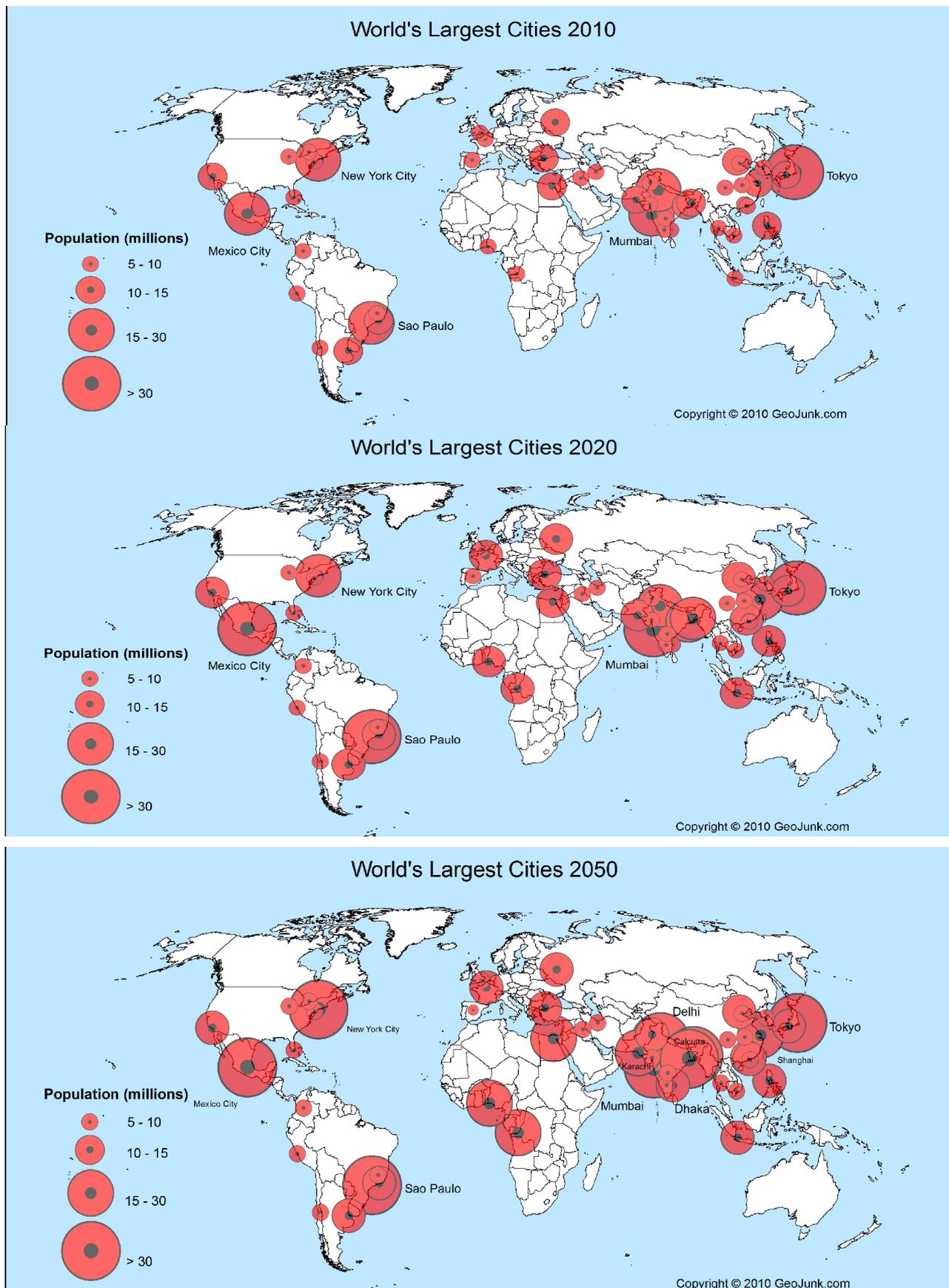
Human Development Index (HDI) value



Un altro fattore importante è il crescente squilibrio tra lo sviluppo rurale e quello urbano.

I flussi migratori verso le aree Urbane hanno generato il fenomeno delle megalopoli. Molti studiosi considerano questo aspetto fondamentale per la gestione delle risorse degli anni futuri. Nei paesi con le economie più in crescita le città si sono sviluppate in maniera veloce (*fast urbanism*) e spesso incontrollata. Sono nati interi quartieri (Favelas, informal settlements, Slum) con pessime infrastrutture e servizi igienico sanitari. Il problema della gestione delle risorse nelle nuove città è una delle più importanti scommesse per il futuro. Nella pubblicazione “Design with the other 90% cities” prodotta dalle Nazioni Unite vengono mostrate soluzioni progettuali, “buone pratiche” e Tecnologie Appropriate per le nuove città in crescita con particolare attenzione ai quartieri periferici. La corretta gestione delle risorse nelle nuove megalopoli

è un tema che necessariamente devono affrontare anche per i progettisti e i pianificatori. La complessità delle nuove città richiede uno sforzo considerevole nel trovare soluzioni appropriate. I fattori in gioco sono tanti e c'è bisogno di un approccio multidisciplinare al problema che sappia valutare i diversi aspetti contestuali e scegliere le corrette soluzioni da adottare.



5. Le Tecnologie appropriate (TA), le Buone Pratiche (BP) e il Site Specific Sustainable Approach. (S3A)

Questi cambiamenti globali ci impongono delle riflessioni per aggiornare gli ambiti d'intervento delle soluzioni da intraprendere.

Se le Tecnologie appropriate o Tecnologie intermedie, per le loro caratteristiche hanno spesso trovato molta applicazione nei paesi in via di sviluppo (PVS) mentre parlando di Buone Pratiche (BP) (best practices) ci si riferisce spesso ai paesi industrializzati, oggi giorno questa divisione non appare più attuale. Vi è una sovrapposizione dell'area di applicazione delle Tecnologie Appropriate e delle Buone Pratiche per la gestione delle risorse.

Inoltre si ritiene che a seguito dei cambiamenti globali descritti non si possa più ragionare su scala Nazionale, differenziando i paesi in via di sviluppo da quelli industrializzati, ma bisogna individuare altri parametri per definire le aree d'intervento strettamente legati al contesto in cui si opera.

Per questo si vuole introdurre il concetto di site specific sustainable Approach.

Un approccio site specific deve considerare parametri diversi:

- Fattori climatici e di microclima (*temperature e variabilità delle temperature, precipitazioni, irraggiamento solare, percentuale idrometrica, velocità del vento*),
- le caratteristiche del contesto e il Land Use,
- la densità abitativa e quindi il contesto urbano o rurale,
- il fabbisogno e la disponibilità delle risorse idriche e energetiche,
- la disponibilità economica,
- il contesto culturale e sociali

In base a questi parametri andranno scelte le soluzioni più appropriate per la gestione delle risorse.

Una visione globale della problematica della gestione delle risorse è di estremo aiuto per la progettazione di sistemi di gestione e risparmio delle risorse nei vari contesti locali.

Per questo sono stati scelti tre casi studio simili come obiettivo finale ma estremamente diversi come contesto d'intervento.

I progetti in Marocco in Repubblica Dominicana e a New York sono tutti legati alla gestione delle risorse e ognuno mira alla migliore soluzione possibile in merito a efficacia e sostenibilità ambientale.

Quello che cambia radicalmente sono proprio i parametri sopra citati relativi all'area d'intervento.

Il contesto climatico, varia dal clima arido del deserto del Sahara, al clima continentale umido di New York e al Clima Tropicale della Repubblica dominicana.

La densità abitativa, varia dall'ambito rurale isolato delle oasi Marocchine alla estrema densità di Manhattan passando per la scala intermedia di San Filipe di Porto Plata in Repubblica Dominicana.

Se per esempio si analizza la disponibilità delle risorse idriche è evidente che si parte dal contesto desertico con risorse limitatissime per arrivare al caso opposto della repubblica dominicana dove ci sono ingenti piogge e alluvioni ma comunque vi è uno scenario di scarsità di mezzi e tecnologie per l'approvvigionamento corretto (Economical water Crisis).

Anche la disponibilità economica a disposizione vari progetti nelle tre aree esaminate è un altro elemento fondamentale. Da non sottovalutare anche le differenze culturali e sociali che sono state considerate in ogni intervento effettuato.

Nonostante queste differenze l'approccio al problema della gestione delle risorse sarà simile e alla fine di questi tre anni di lavoro si è constatato che ogni progetto ha giovato dell'esperienza fatta in un altro.

I casi studio che mi accingo a descrivere sono ritratti differenti della gestione sostenibile della risorse in tre scenari scelti appositamente il più possibile distanti tra loro.

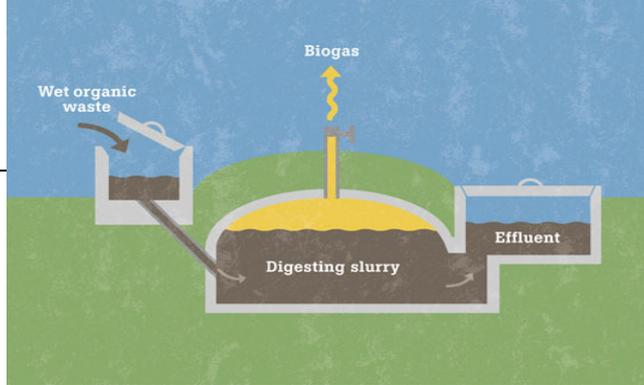
6. Fattori di valutazione ed esempi pratici di Tecnologie Appropriate (Appropriate Technology or intermediate technology)

In questo capitolo viene riportata una tabella che sintetizza i criteri di valutazione delle tecnologie appropriate e a seguire, sotto forma di schede sintetiche, alcuni esempi di Tecnologie Appropriate.

Sulle strategie di valutazione e la scelta delle tecnologie appropriate da applicare nei vari contesti specifici è stato pubblicato da L'ing. Marianna Grafi un'analisi Multicriterio, a cui si rimanda per approfondimenti. Per la descrizione più prolissa di casi studio inerenti le tecnologie appropriate si rimanda alla pubblicazione redatta per la tesi di laurea. "L'Acqua, una risorsa primaria al centro del dibattito mondiale. Studio di un progetto di approvvigionamento idrico nel Semi-Arido brasiliano. Analisi di qualità delle acque"

FATTORI DI VALUTAZIONE PER LE TECNOLOGIE APPROPRIATE	
Fattori Economici	Costo di costruzione
	Costo di manutenzione e gestione
	Possibilità di mercato per i prodotti
	Accesso a fonti di approvvigionamento
	Possibilità/volontà di pagare da parte della popolazione
Fattori istituzionali	Esistenza di normative e leggi
	Articolazione delle autorità locali
	Presenza e ruolo delle autorità informali
	Supporto <u>politico-istituzionale</u>
Fattori sociali	Istruzione della popolazione locale
	Usanze locali, eventuali tabù
	Ruolo di uomini e donne nella società
	Presenze di etnie, clan, culti diversi
	Presenze di conflittualità
Fattori tecnici	Efficacia della tecnologia
	Semplicità <u>realizzativa</u> della tecnologia
	Facilità di manutenzione e gestione
	Durabilità della tecnologia
	Tipo di energia disponibile in loco
	Uso di risorse umane, mezzi e materiali locali
Fattori ambientali	Grado di vulnerabilità delle risorse naturali
	Caratteristiche climatiche
	Disponibilità di spazio
	Impatto ambientale generato dalla tecnologia

Tabella Fattori di valutazione per le Tecnologie Appropriate, (elaborazione grafica Cristina Corapi)



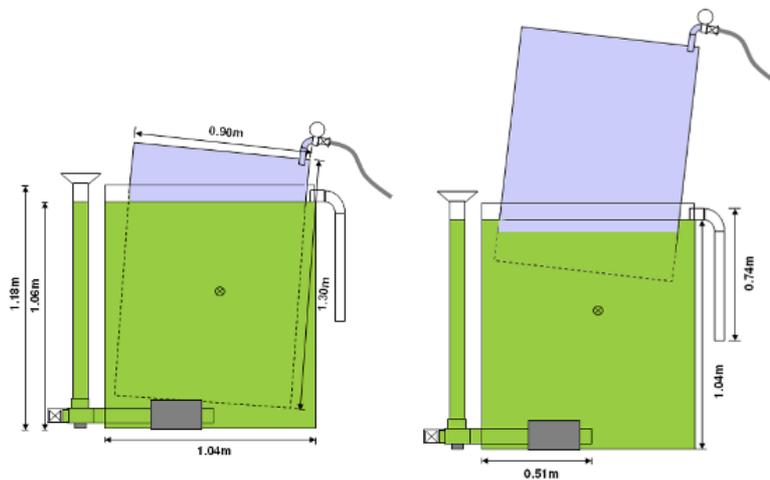
Produzione locale di biogas per l'approvvigionamento energetico rurale



Caratteristiche Fixed Dome

Utilizzando gli scarti alimentari, vegetali o dalle deiezioni animali è possibile produrre Biogas per uso domestico. La produzione di Biogas avviene grazie al progresso di digestione anaerobica del materiale organico. In particolare i batteri Methanogenus che producono biogas sono l'ultimo anello di degradazione del materiale organico.

Caratteristiche Mobil Dome



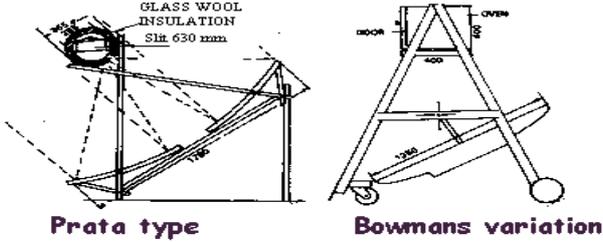
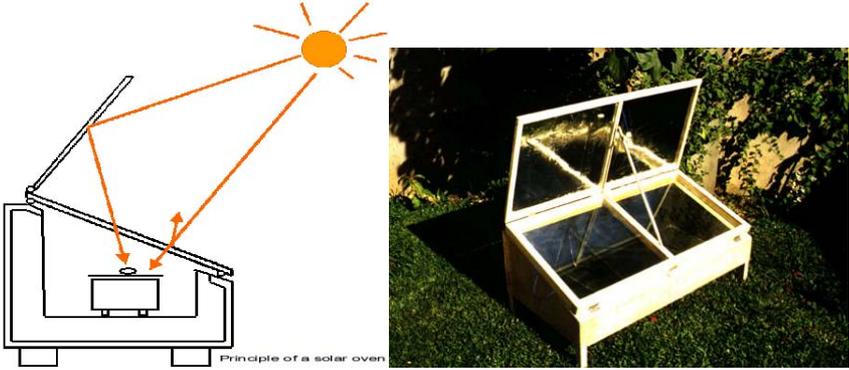
Plant scheme; empty and full gasholder (Source: Lohri, 2009)

Esempio di dimensionamento

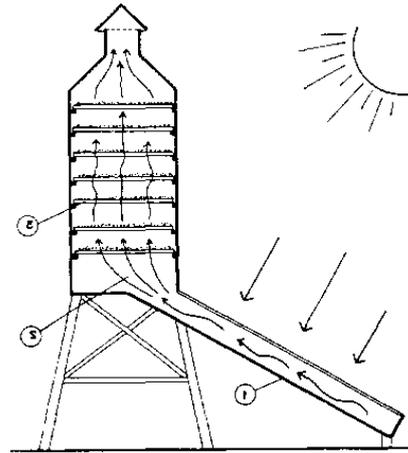
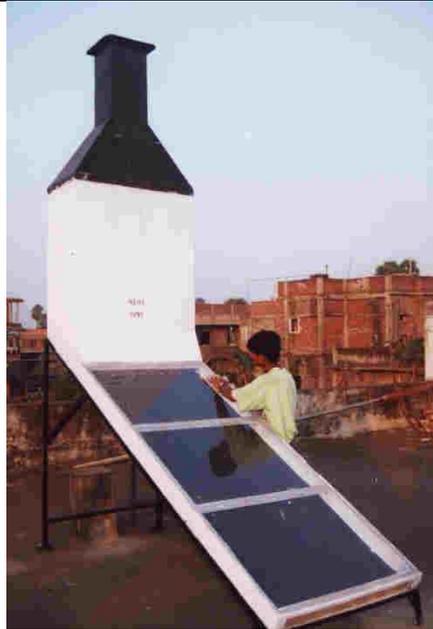
- Set-up time: 3.5 hours
- Designed for 1–2 kg kitchen waste per day
- Hydraulic Retention Time (HTR): 42 days (for 2 kg waste + 20 l water per day)

Esempi

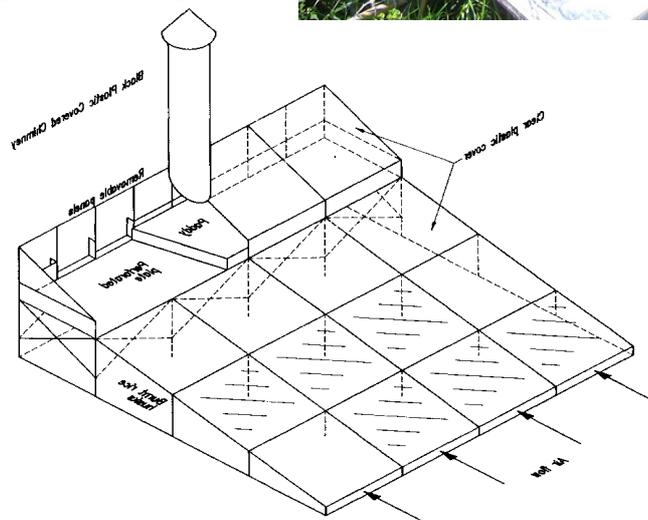
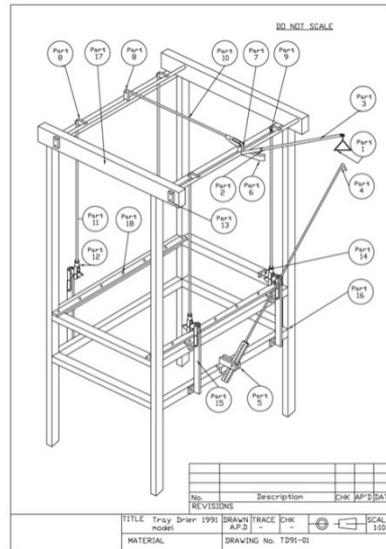
- Tanzania: progetto ARTI. Biogas da scarti alimentari
- 1. Peru: Biogas da liquami animali (Guinea Pig)

<p>Forni Solari</p>	
<p>Vari modelli di Forni solari</p>	 <p>Prata type Bowmans variation</p>
	 <p>Principle of a solar oven</p>
<p>Caratteristiche</p>	<p>Ci sono vari modelli di forni solari, o cucine solari, I più diffusi sono quelli parabolici, costruiti con materiale rīlettente, solitamente un alluminio con un alto coefficiente rīlettente.</p>

Essiccatoi Solari



Vari modelli di essiccatoi solari

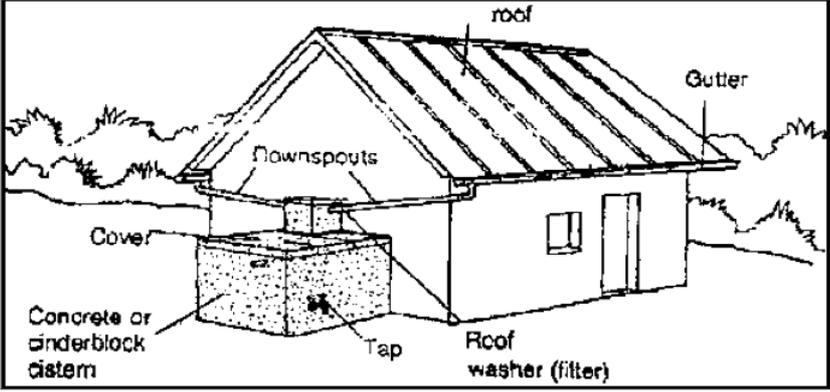


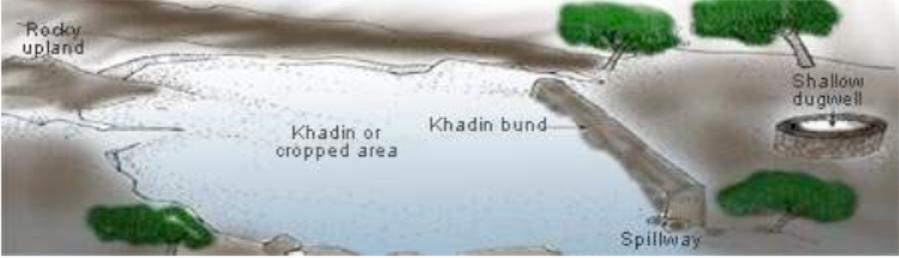
Source: Exell (1980)

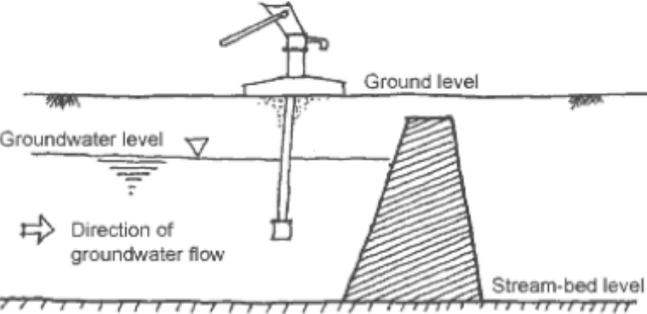
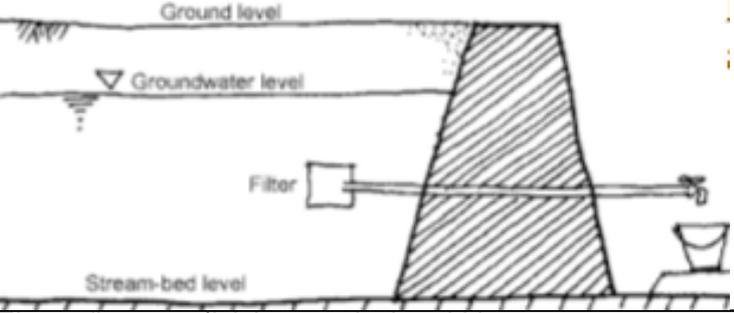
Caratteristiche

Sfruttando la radiazione solare e i flussi termici ascensionali generati dal

	<p>riscaldamento dell'aria gli essiccatoi solari sono una buona soluzione per essiccare generi alimentari per la loro conservazione o per la commercializzazione.</p> <p>L'essiccamento dipende da:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura, umidità e quantità di aria usata • La dimensione degli elementi che devono essere essiccati • Struttura fisica e composizione degli elementi • Flusso di calore e design dell'essiccatore solare <p>The effect of air temperature upon relative humidity</p> <table border="1" data-bbox="437 533 1428 698"> <thead> <tr> <th>Air temperature °C</th> <th>RH%</th> <th>Amount of water/kg air needed to reach 100% RH (grams)*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>29</td> <td>90</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>50</td> <td>7.0</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>28</td> <td>14.5</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>15</td> <td>24.0</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>* ie the potential for the air to pick up moisture (RH = Relative Humidity)</i></p>	Air temperature °C	RH%	Amount of water/kg air needed to reach 100% RH (grams)*	29	90	0.6	30	50	7.0	40	28	14.5	50	15	24.0
Air temperature °C	RH%	Amount of water/kg air needed to reach 100% RH (grams)*														
29	90	0.6														
30	50	7.0														
40	28	14.5														
50	15	24.0														
<p>Esempi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Uganda</u>: FRUITS OF NILE • Progetto della The John Ellerman Foundation. • Questo progetto, utilizzando semplici essiccatoi solari, ha reso possibile la produzione e l'esportazione di 120 t /anno di banane ed ananas secche di alta qualità dall'Uganda. • Coinvolgendo ben 120 produttori di aree rurali dell'Uganda che acquistano la frutta da più di 800 agricoltori e danno lavoro a 500 impiegati. • Attualmente "Fruits of the Nile" opera secondo gli standard FairTrade ed è sottoposto ad un continuo monitoraggio della qualità dei prodotti. L'obiettivo è quello di ottenere anche una certificazione "organic" per incrementare la produzione e le vendite. (nel mercato del Regno Unito) 															

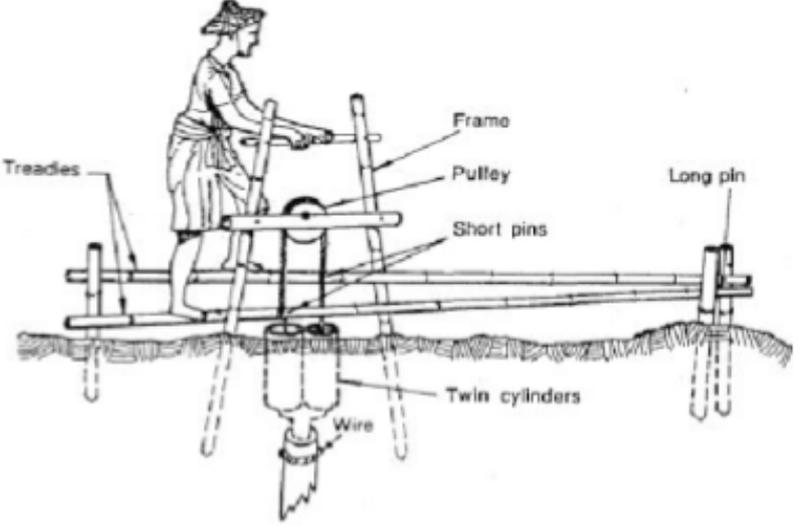
<p>Raccolta di acqua piovana dai tetti</p>		
<p>Caratteristiche</p>	<p>Il sistema è composto dal sistema di captazione dell'acqua:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. tetto dell'abitazione (area di raccolta); 3. grondaie (PVC, bamboo) e tubi di raccordo; 4. filtri per le foglie e le sostanze grossolane accumulabili sul tetto; 5. scarico, nei casi in cui si ha la necessità di scaricare una parte dell'acqua; <p>e da quello d'immagazzinamento: cisterna interrata o serbatoio.</p>	
<p>Dimensionamento</p>	<p><u>Stima del fabbisogno del nucleo abitativo:</u> $DI \cdot 365 \text{ gg} \cdot n^{\circ} \text{componenti} = [l/\text{anno}]$</p> <p><u>Calcolo della quantità di acqua piovana captabile:</u> $S \cdot Y \cdot P \cdot H_{fil}$ $S = \sum \text{sup captanti } [m^2]$ $Y = \text{coeff. deflusso } [\%]$ $P = \text{altezza di pioggia } [mm]$ $H_{fil} = \text{efficacia filtro } [\%]$</p>	
<p>Vantaggi</p>	<p>Svantaggi</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Semplicità di costruzione e manutenzione; • l'acqua piovana non necessita di pompaggio e quindi si ottiene un risparmio energetico ed economico; • l'acqua piovana è ottima per l'irrigazione poiché le piante vi rispondono meglio rispetto alle acque con conseguente aumento di rendimento; • sistema riproducibile localmente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibile mancanza di dati (es: meteorologici) per il calcolo dei volumi; • basso contenuto di Sali minerali nelle acque; • possibile costo elevato del materiale da costruzione; • necessità di manutenzione. 	
<p>Esempi</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Sri Lanka</u>: La Community Water Supply and Sanitation Programme (CWSSP – organizzazione governativa dello Sri Lanka) ha costruito centinaia di questi serbatoi in tre distretti (Badulla, Ratnapura and Matara Districts) dal 1995-1998; zone in cui non erano disponibili altre fonti di approvvigionamento. I tipi di serbatoi sono 2: a "zucca" o interrati. La scelta di ogni singola famiglia è stata effettuata secondo la condizione del terreno. • <u>Brasile</u>: il "Progetto 1 milione di cisterne" è un'iniziativa del terzo settore, ma complementare al programma Fame Zero, lanciato dalla Presidenza di Lula, tanto da essere stato ribattezzato programma "Sete Zero". In Brasile il progetto è promosso dall'Articulação no Semi-Árido brasileiro - ASA, un forum di cui fanno parte oltre 900 associazioni che hanno aderito al programma di convivenza con il Semi-arido brasiliano e coordinato operativamente dalla Associazione per il Programma 1 Milione di Cisterne -AP1MC. 		

<p>Raccolta di acqua piovana tramite bacini</p>	
<p>Caratteristiche</p>	<p>Il sistema ha lo scopo di raccogliere acqua piovana e superficiale in bacini naturali. In genere è costruito in zone comprese tra i pendii montuosi e può essere di dimensioni notevoli (lunghezza 200-300 m) ed avviene mediante scavo di un bacino o sfruttamento di particolare morfologia del terreno. Può essere presente un pozzo poco profondo per la captazione. L'acqua raccolta può essere utilizzata per scopi agricoli, per allevamento di bestiame e per irrigazione. Ad per uso domestico, previa potabilizzazione, solo nel caso se non vi siano altre fonti di approvvigionamento vicine.</p>
<p>Vantaggi</p>	<p>Svantaggi</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Semplicità di costruzione e manutenzione; • sistema riproducibile localmente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Condizioni geologiche; • evaporazione; • contaminazione superficiale.

<p>Mini-dighe</p>	
<p>Sotterranee</p>	 <p>Intercetta gli acquiferi e riduce la variazione del livello della tavola d'acqua. È completamente interrata al di sotto di piano campagna.</p>
<p>Superficiali</p>	 <p>È una diga superficiale costruita in sabbia. Il funzionamento prevede che durante i periodi di pioggia si depositino sedimenti alle spalle della diga.</p>
<p>Vantaggi</p>	<p>Svantaggi</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Semplicità di costruzione e manutenzione; 	<ul style="list-style-type: none"> • Eventuale costo elevato del materiale da

<ul style="list-style-type: none"> • sistema riproducibile localmente; • minore evaporazione; • minore contaminazione; • non sommerge territori. 	<ul style="list-style-type: none"> • costruzione; • condizioni geologiche: Il miglior sito per la costruzione è rappresentato da suolo costituito da sabbia e ghiaia, con in profondità uno strato impermeabile.
--	--

<p>Raccolta della nebbia</p>		
<p>Caratteristiche</p>	<p><u>Funzionamento:</u> L'acqua condensa, scende e viene captata da un tubo che trasporta l'acqua in un serbatoio dove viene raccolta ed eventualmente trattata e distribuita. Il sistema può raccogliere anche la pioggia.</p> <p><u>Caratteristiche tecniche:</u> Lunghezza: 12 m Altezza: 6 m Altezza telo: 4 m Mesh: 0.5-1.5 mm Superficie di captazione: 48 m² Quantità di acqua raccolta per singolo telo: 150-750 l/gg (<i>dipendente dal sito e dalle condizioni metereologiche caratteristiche</i>).</p>	
<p>Vantaggi</p>	<p>Svantaggi</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Semplicità di costruzione e manutenzione; • sistema riproducibile localmente; • acqua pura se ben conservata. 	<ul style="list-style-type: none"> • Basso contenuto di Sali minerali; • eventuale costo elevato del materiale da costruzione; • dipendenza dalla condizioni climatiche; • volumi variabili; • disponibilità di spazio. 	

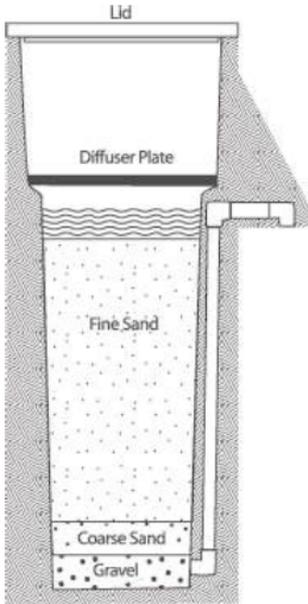
<p>Sistemi di pompaggio manuali</p>	 <p>The diagram illustrates a manual water-lifting mechanism. A person is shown operating a pulley system mounted on a wooden frame. The frame is supported by a long pin. Short pins are attached to the frame. Twin cylinders are connected to the pulley system. A wire is attached to the twin cylinders. The system is used to lift water from a well.</p>
<p>Caratteristiche</p>	<p>A differenza dei sistemi di pompaggio che a motore che utilizzano combustibile fossile non sempre facilmente reperibile e costoso, le pompe manuali sono caratterizzate da:</p> <ul style="list-style-type: none"> • semplicità nell'utilizzo e nella manutenzione; • metodo tradizionale di estrazione; • alimentazione tramite energia rinnovabile. <p>Vista la loro natura non consentono l'estrazione di elevati quantitativi di risorsa idrica per cui sono abbastanza coerenti con i tempi di ricarica degli acquiferi.</p>

Tecnologie Appropriate per la depurazione e la potabilizzazione dell'acqua

Di seguito sono riportati, brevemente, alcune delle tecnologie appropriate più utilizzate nei paesi in via di sviluppo per fronteggiare le diverse tipologie di problemi che si presentano a seconda della zona d'intervento.

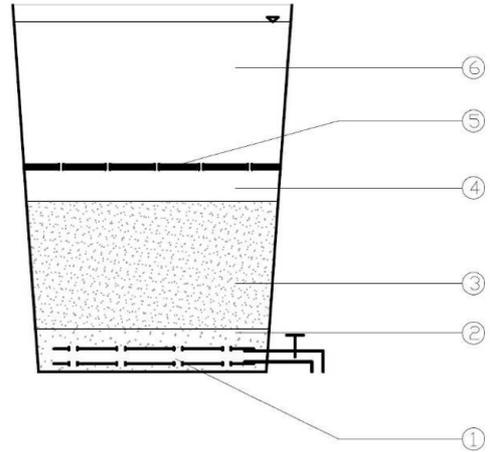
Filtro a candela	Filtro in ceramica
	
Caratteristiche	Scopo: Entrambi hanno lo scopo di rimuovere le particelle solide ed alcuni agenti patogeni, batteri e virus, con rendimenti differenti in base alla porosità del mezzo.
	Metodo: L'acqua viene filtrata attraverso un materiale poroso, che può essere prodotto localmente.
	Mantenimento: I filtri in ceramica devono essere puliti regolarmente per rimuovere le impurità intercettate. A volte si raccomanda, inoltre, di bollire il filtro dopo la sua pulizia. I filtri devono essere sostituiti regolarmente. (le operazioni di pulizia possono logorarli).
	Caratteristiche tecniche: <ul style="list-style-type: none"> - Tubo in PVC (diametro 7-11 cm); - Strati in ceramica con capacità: 2 -6 l/h. Il tubo con diametro maggiore è progettato per fornire 4-6 litri /ora mentre il più piccolo 2-3 litri/ora.
Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> - Rimozione della torbidità e di alcuni agenti patogeni; - elevata efficienza; - basso costo; - produzione locale - sostenibile che interessa il mercato locale (manodopera, rivenditori locali..); - Non necessaria energia (legno o gas..); - tecnologia semplice per installazione e manutenzione - l'efficienza di rimozione dipende dal tipo di filtro. 	<ul style="list-style-type: none"> - Crepe e fratture possono ridurre il rendimento nella rimozione dei batteri; - adatto solo per acqua non molto inquinata; - filtri a candele non prodotti in loco possono essere costosi.

<p>Bollitura</p>	
<p>Caratteristiche</p>	<p>Ha lo scopo di sterilizzare l'acqua eliminando i batteri. Non elimina, però, inquinanti di natura chimica (nitrati) o i metalli pesanti.</p>
<p>Vantaggi</p>	<p>Svantaggi</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Disinfetta completamente; • è semplice da utilizzare e gestire; • è tecnologia comune; • può essere combinata con la preparazione di the o caffè. 	<ul style="list-style-type: none"> • La tecnica può essere costosa in termini di energia e risorse non sempre disponibili (gas, legname, ecc); • necessita di tempo; • altera il gusto; • elimina tutti i batteri ma non rimuove gli altri contaminanti.

<p>Filtro a sabbia</p>	
<p>Caratteristiche</p>	<p>Il filtro ha lo scopo di rimuovere le particelle solide ed alcuni agenti patogeni (0.2-0.5 cm) attraverso il passaggio dell'acqua in una successione di strati a granulometria differente.</p> <p>Lo strato costituito da sabbia rimane sempre sommerso, per permettere la proliferazione di micro-organismi. Si forma infatti un sottile strato costituito da materia organica, ferro, manganese, che contribuisce alla <i>rimozione delle particelle colloidali fini e alla degradazione dei prodotti organici solubili nell'acqua.</i></p>

	<p>Il grado di filtrazione dipende dalla superficie di base, in genere è tra i 100 e i 200 l/m²h.</p>
	<p><u>Manutenzione:</u></p> <p>al fine di prevenire l'intasamento del filtro, lo strato in sabbia superiore è sostituito periodicamente, a secondo del grado di torbidità e della quantità di acqua filtrata. La sabbia può essere lavata e riutilizzata. Dopo il lavaggio, la capacità di filtrazione può nuovamente diminuire per alcuni giorni. Questo accade anche quando nell'acqua in ingresso sono presenti sostanze che uccidono gli organismi dello strato biologico.</p>
<p>Vantaggi</p>	<p>Svantaggi</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Migliora i parametri fisici, chimici e batteriologici dell'acqua; • può essere prodotto • con materiali • locali; • è di semplice costruzione e manutenzione; • non altera le proprietà • organolettiche dell'acqua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ha un alto rendimento solo con acque non molto torbide; • ha un'efficienza ridotta durante il periodo richiesto per la creazione dello strato biologico; • la sua manutenzione è importante per l'efficienza di rimozione; • lo strato biologico è distrutto se la sabbia si asciuga; • necessita di spazio.

Filtro in cenere d'ossa d'animale.



Caratteristiche

Il filtro in cenere d'ossa è efficace per la rimozione di FLORURI dall'acqua

Descrizione:

Secchio in plastica (30 L) composto da:

- 1) tubo perforato in PVC avvolto da un tessuto di nylon
- 2) 2 kg di cenere d'ossa > 2 mm
- 3) 6 kg cenere d'ossa = 0,2-2 mm
- 4) 2,5 L di acqua in contatto con la cenere
- 5) piatto perforato in alluminio
- 6) 12-13 L di acqua da ricaricare

Costo: 40 € Costruttore: artigiano locale

Condizioni operative

Q = 100 L/h

EBCT (Empty Bed Contact Time) = 7-8 min

concentrazione di F- in ingresso: 5-7 mg/L f

iltrazione di 50 L/d per famiglia

Risultati

durata del filtro: 2,5 – 3,5 mesi

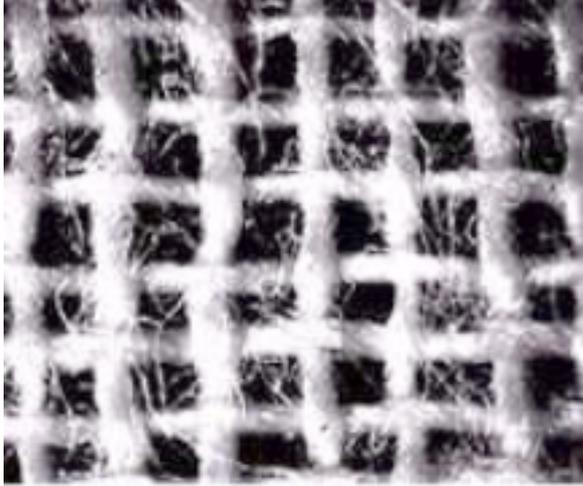
adsorbimento specifico: 3,4 – 4,2 mgF-/gce

Esempi

Senegal, Regione di Diourbel. Fonte Cetamb Università di Brescia (D. Palazzini)

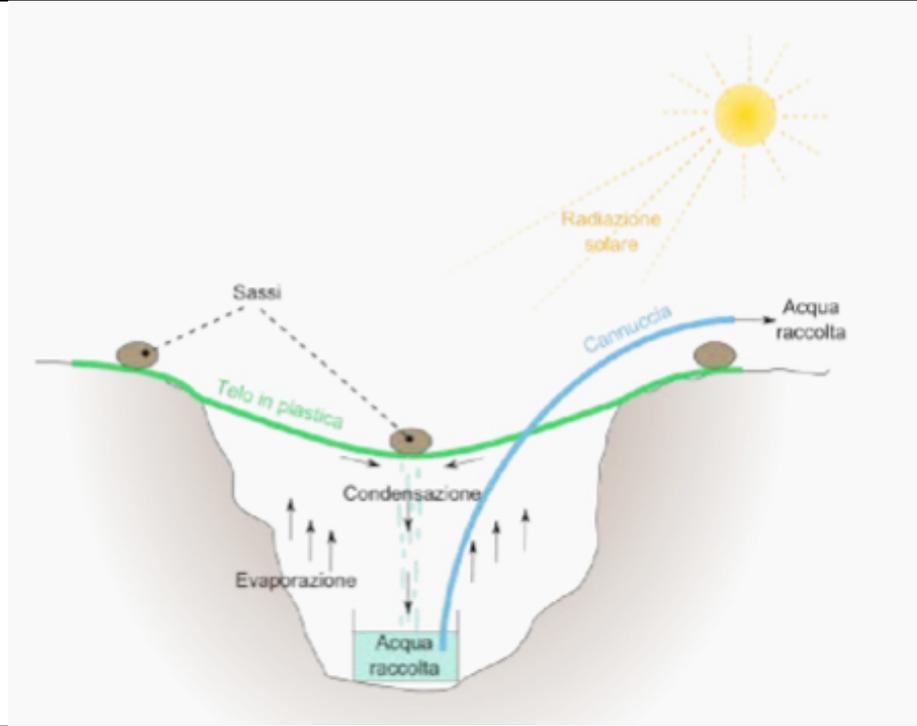
FILTRO IN CENERE D'OSSA	
Vantaggi	Alte rese di rimozione fluoruri
	Semplice ed economico (40€)
	Producibilità materiale in loco
	Accettabilità della popolazione
Svantaggi	La cenere se non calcinata correttamente conferisce colore all'acqua
	Costi e tempi di trasporto

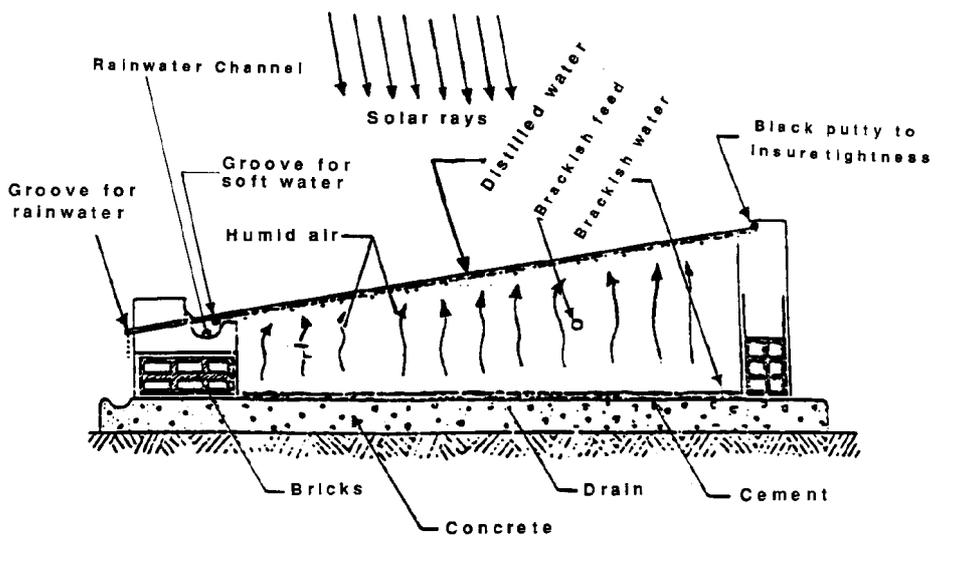
Fonte: Daniela Palazzini. Ricercatrice Università di Brescia.

<p>Filtro in tessuto</p>		
<p>Caratteristiche</p>	<p>Lo scopo è quello di filtrare l'acqua per la diminuzione dei batteri portatori di colera. Si arriva anche a rendimenti di rimozione del 50%.</p> <p>L'acqua viene filtrata passare attraverso la trama di un tessuto chiamato "sari" (tradizionale tessuto utilizzato per gli abiti femminili in India e in Bangladesh).</p> <p>Il metodo sfrutta una particolare proprietà del Vibrio colera. Questi batteri sono molto piccoli e sarebbe impossibile rimuoverli con un semplice filtro, ma essi attaccano ai copepods - crostacei microscopici mille volte più grandi dei batteri.</p>	
<p>Vantaggi</p>		<p>Svantaggi</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Rimozione di agenti patogeni; • può essere prodotto • con materiali locali molto semplici; • evita l'utilizzo di legname per la bollitura (risorsa scarsa • in Bangladesh); • semplicità di utilizzo. 		<ul style="list-style-type: none"> • Non rimuove altri • contaminanti; • piccole quantità di acqua prodotta.

Disinfezione con ipoclorito

<p>Caratteristiche</p>	<p>Di solito si aggiunge ipoclorito secondo i dosaggi indicati:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Dosi da aggiungere ad 1 litro d'acqua</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Ipoclorito di sodio 1 %</td> <td style="text-align: center;">0,5 ml = 10 gocce</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ipoclorito di sodio 5 %</td> <td style="text-align: center;">0,1 ml = 2 gocce</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ipoclorito di sodio 7-10 %</td> <td style="text-align: center;">0,05 ml = 1 goccia</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Attendere, in tutti i casi 30 secondi prima di bere</td> </tr> </tbody> </table> <p>Si procede agitando la soluzione e lasciando riposare in un recipiente chiuso per 30 minuti in un luogo fresco e buio. Al termine di questo periodo, la flora batterica dovrebbe essere stata completamente distrutta. Si misura il quantitativo residuo di cloro dopo 30 minuti (FRC = free residual chlorine) = 0.3, 0.5 mg/l.</p>	Dosi da aggiungere ad 1 litro d'acqua		Ipoclorito di sodio 1 %	0,5 ml = 10 gocce	Ipoclorito di sodio 5 %	0,1 ml = 2 gocce	Ipoclorito di sodio 7-10 %	0,05 ml = 1 goccia	Attendere, in tutti i casi 30 secondi prima di bere	
	Dosi da aggiungere ad 1 litro d'acqua										
Ipoclorito di sodio 1 %	0,5 ml = 10 gocce										
Ipoclorito di sodio 5 %	0,1 ml = 2 gocce										
Ipoclorito di sodio 7-10 %	0,05 ml = 1 goccia										
Attendere, in tutti i casi 30 secondi prima di bere											
<p><u>Produzione domestica di ipoclorito:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ L'ipoclorito di sodio al 5% circa può essere prodotto per <i>elettrolisi</i>. Occorrono un contenitore di plastica da 1,5 - 2 litri, una fonte di energia a corrente continua oppure una batteria che riesca ad erogare almeno 6 volt a 1 ampere senza scaricarsi e due elettrodi di carbone (meglio platino). Quelli di platino sono molto costosi e non si trovano facilmente, mentre quelli di carbone si trovano nelle mine per matite (grafite) ed è bene che siano il più grossi possibile; ➤ Nel recipiente riempito di acqua distillata si mette una soluzione satura di NaCl. Si immergono quindi i due elettrodi, l'anodo (+) e il catodo(-), fino a che spuntino qualche centimetro fuori dall'acqua, il più possibile distanti l'uno dall'altro. alle estremità di ciascuno dei due elettrodi che sporgono dall'acqua salata si collega un filo di rame che viene collegato ciascuno ad un polo della batteria; ➤ Il passaggio della corrente elettrica genera all'anodo del cloro e al catodo dell'idrogeno. Col procedere dell'elettrolisi la soluzione si arricchisce di idrossido di sodio. La reazione tra il cloro e questo ultimo dà l'ipoclorito di sodio. $2 H_2O + 2 NaCl \rightarrow H_2 + Cl_2 + 2 NaOH$ $Cl_2 + 2 NaOH \rightarrow 2 NaClO + H_2$ Dopo 2 o 3 ore circa la soluzione di ipoclorito di sodio si può considerare pronta per essere utilizzata previa filtrazione per eliminare le particelle di carbone dovute all'usura degli elettrodi. 											
<p>Vantaggi</p>	<p>Svantaggi</p>										
<ul style="list-style-type: none"> • La quantità residua di cloro previene un'ulteriore contaminazione; • una larga parte di microrganismi sono rimossi; • può essere prodotto localmente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se non vi è corrente per la produzione domestica; • È necessario comprare la sostanze disinfettante; • necessita di energia o di acquisto del disinfettante; • altera il gusto; • i sotto prodotti della reazione chimica possono essere pericolosi; - necessita di tempi di attesa. 										

<p>Distillazione a condensazione</p>		
<p>Caratteristiche</p>	<p>La raccolta d'acqua con distillazione a condensazione è una tecnica che può essere utilizzata per ottenere piccole quantità di acqua dal terreno. Successivamente si sistema un foglio di plastica sul foro in cui bordi vanno bloccati al suolo per impedirne il movimento. Una pietra deve essere posizionata al centro del foglio di plastica. L'acqua evaporata dal terreno, condensa sulla superficie inferiore del foglio di plastica, e si raccoglie nel recipiente.</p>	
<p>Vantaggi</p>	<p>Svantaggi</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizzazione in aree desertiche; • flessibilità di utilizzo; • costi bassi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Scarsa produzione di acqua; • tempi lunghi di produzione; • disponibilità del materiale. 	

<p>Distillazione con solare distillatore</p>	 <p>Figure 8 A basin Still at Chakmou, Tunisia</p> <p>Source: S.G. Talbert, J.A. Eibling, and George Löt, <u>Manual on Solar Distillation of Saline Water</u> (Springfield, Virginia: Nat'l Technical Information Service, April 1970), p.46</p>
<p>Caratteristiche</p>	<p>Si rimanda al capitolo successivo, dove viene approfondita questa Tecnologia Appropriata</p>

Metodo di trattamento	Effetto sugli agenti patogeni			Protezione anche dopo il trattamento	Limiti
	Virus	Batteri	Protozoi		
Bollitura	Alto	Alto	Alto	No	Alto costo combustibile
Filtro in ceramica	Basso	Medio/basso	Alto	No	Produzione delle candele
Filtro a sabbia	Basso	Medio	Alto	No	Bassa torbidità
Filtro in tessuto	Medio	Medio/Basso	Medio /Basso	No	Dipende dal tipo di agenti patogeni
Clorazione	Medio	Alto	Basso	Si	Reperibilità materiale e disinfettante
Distillazione solare	Alto	Alto	Si	No	Sole e clima; torbidità non elevata

7. Approfondimento sulla distillazione solare.

E' stato scelto di approfondire la distillazione solare come tecnica utilizzata nell'ambito delle Tecnologie Appropriate per fare fronte a condizioni di emergenza idrica in zone rurali isolate o desertiche. Nei capitoli che seguono verrà descritto il processo di distillazione all'interno di un distillatore solare e verrà fatta una review dei modelli più importanti di distillatori solari sperimentati sino ad oggi. Nel capitolo successivo verrà descritto il progetto che ha portato alla realizzazione di un prototipo innovativo di distillatore solare tubolare (Tubular Solar Still) con collettore solare parabolico, progettato con l'obbiettivo di aumentare i rendimenti. Questo studio vuole evidenziare i vantaggi e i limiti di questa Tecnologia Appropriata.

Cenni storici

Le ricerche sulla distillazione risalgono a tempi antichi, già nel IV secolo a.c. Aristotele descrisse un metodo di evaporazione e successiva condensazione di acqua impura al fine di ottenere acqua potabile. Nel XVI secolo, poi, alcuni alchimisti arabi, storicamente esperti di processi di distillazione in quanto fondamentali per le pratiche alchemiche, furono i primi ad utilizzare la distillazione solare per la produzione di acqua potabile.



Il primo riferimento documentato relativo ad un vero e proprio dispositivo, però, venne indicato dall'italiano Nicolo Ghezzi nel 1742, anche se non è chiaro se passò dal progetto concettuale all'effettiva realizzazione del dispositivo.

Il primo distillatore solare moderno venne costruito da Charles Wilson a Las Salinas, in Cile, nel 1872. Esso consisteva di 64 bacini (4459 m²) realizzati con legno annerito sovrastato da una copertura di vetro caratterizzata da una certa pendenza.

L'installazione produceva 20000 l/day da fornire agli animali utilizzati nel lavoro in Miniera. Il design di questa installazione ha gettato le basi per le metodologie costruttive dei distillatori costruiti successivamente.

La distillazione solare per la potabilizzazione delle acque

La distillazione è uno dei molti processi che possono essere utilizzati per la purificazione dell'acqua: Si può utilizzare qualsiasi fonte di riscaldamento, l'energia solare è un'opzione a basso costo. Nel processo di distillazione solare, un volume d'acqua da trattare evapora grazie all'irraggiamento solare, il vapore acqueo prodotto condensa su una superficie trasparente come acqua "pura", acqua distillata. Tale processo, che rimuove i sali e altre impurità dall'acqua, viene chiamato distillazione solare.

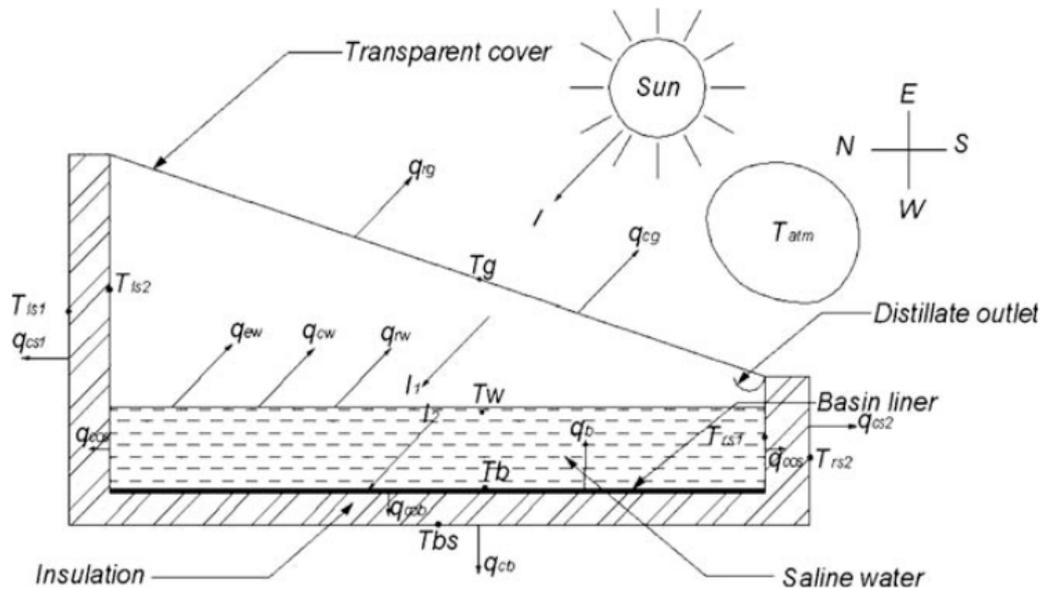
La distillazione solare viene utilizzata per produrre acqua potabile, o tra le altre applicazioni per produrre acqua pura per batterie al piombo, per gli usi di laboratorio e per quelli ospedalieri. La distillazione solare è utilizzata anche nei casi in cui la normale fornitura idrica potabile viene interrotta a causa di disastri naturali, come uragani o terremoti, o per altre situazioni di emergenza. I distillatori solari sono stati introdotti dalla Marina sotto forma di alambicchi gonfiabili per scialuppe di salvataggio o per gli incidenti in mare. La distillazione solare può essere una buona soluzione per la dissalazione e la potabilizzazione dell'acqua nelle zone aride e isolate dove la popolazione locale ha accesso a fonti idriche con alte concentrazioni di sali. Si raccomanda che l'acqua potabile deve avere tra i 100 a 1000 mg / l di sale per mantenere livelli di elettroliti e di gusto. Pertanto, può essere necessario aggiungere all'acqua distillata prodotta dal distillatore, che se il processo è avvenuto correttamente ha contenuti quasi nulli di sali, una piccola quantità di acqua con concentrazioni saline più elevate per ottenere acqua accettabile e potabile.

Il fabbisogno energetico per la distillazione dell'acqua

L'energia necessaria per far evaporare l'acqua, indicato come calore latente di vaporizzazione di acqua, è 2260 kJ per chilogrammo (kJ / kg). Assumendo una densità di acqua di 1kg/liter, ciò significa che la produzione di 1 litro di acqua pura per distillazione di acqua salmastra richiede una potenza termica di 2260kJ. Questa stima non tiene conto per l'efficienza del sistema utilizzato, che sarà inferiore al 100%, o per qualsiasi recupero del calore latente che viene respinto quando il vapore acqueo si condensa.

Va notato che, sebbene sono necessari 2260 kJ/kg per far evaporare l'acqua, per pompare un kg di acqua per 20m di altezza sono sufficienti 0.2 kJ/kg. La distillazione è quindi normalmente considerata solo quando non vi è alcuna fonte locale di acqua dolce che può essere facilmente pompata.

Modello Termico nei distillatori solari passivi a bacino semplice.



Il trasferimento di calore avviene nell'aria umida nello spazio tra il bacino di raccolta di base e la superficie trasparente in sommità per convezione libera causata dall'azione della spinta ascensionale dovuta alle variazioni di densità al suo interno. Queste variazioni di densità sono causate dal gradiente di temperatura tra la superficie dell'acqua T_w e il vetro T_g che interessa il fluido:

$$\Delta T = (T_w - T_g)$$

Il tasso di trasferimento di calore (\dot{q}_{cw}), secondo Malik et Al., dalla superficie dell'acqua al vetro di copertura può essere stimato come:

$$\dot{q}_{cw} = h_{cw} (T_w - T_g) \quad (1)$$

dove h_{cw} si trova attraverso la relazione:

$$Nu = \frac{h_{cw} \cdot d_f}{k_f} = C(Gr \cdot Pr)^n \quad (2)$$

con

$$Gr = \frac{g\beta\rho^2(d_f)^3(\Delta T')}{\mu^2} \quad [\text{Numero di Grashof}] \quad (3)$$

$$Pr = \frac{\mu \cdot C_p}{k_f} \quad [\text{Numero di Pr andtl}] \quad (4)$$

$$\Delta T' = (T_w - T_g) + \left[\frac{(P_w - P_g)(T_w + 273)}{268,9 \cdot 10^3 - P_w} \right] \quad (5)$$

dove :

g = accelerazione di gravità (m^2/s)

k_f = conduttività termica aria umida ($W/m^{\circ}C$)

μ = viscosità aria umida ($Pa \cdot s$)

β = coefficiente di espansione volumetrica ($1/K$)

ρ = densità vapore (Kg/m^3)

d_f = livello dell'acqua (m)

C_p = calore specifico del vapore ($J/kg^{\circ}C$)

P_w = pressione parziale vapore alla temperatura acqua (N/m^2)

P_g = pressione parziale vapore alla temperatura superficiale vetro (N/m^2)

Il valore di h_{cw} , quindi, dipende dalla due costanti C ed n . E' stato osservato da vari autori, considerando differenti valori di queste costanti per un particolare range del numero di Grashof, che la differenza percentuale tra i rendimenti di distillazione teorici e sperimentali risulta ragionevole solo per simulazioni indoor mentre cresce in modo significativo in condizioni outdoor.

E' necessario, quindi, modificare il valore delle costanti C ed n attraverso un'analisi regressiva utilizzando l'output sperimentale di distillazione (\dot{M}_w), la temperatura dell'acqua (T_w) e del vetro (T_g).

Il trasferimento di calore per vaporazione si può esprimere anche come:

$$\dot{q}_{cw} = 0,016273(P_w - P_g)h_{cw} \quad (6)$$

e quindi riscritto in base alle equazioni (2) e (6) come:

$$\dot{q}_{cw} = 0,016273(P_w - P_g) \cdot (k_f/k_d) \cdot C(Ra)^n \quad (7)$$

dove: $Ra = Gr \cdot Pr$

$$\dot{M}_w = \frac{\dot{q}_{cw} \cdot 3600}{L} \quad (8)$$

Si definisce poi:

$$\dot{M}_w = 0,016273(P_w - P_g) \cdot (k_f/k_d) \cdot \left(\frac{3600}{l}\right) \cdot C(Ra)^n \quad (9)$$

Così da poter scrivere:

Rendimento di distillazione e calore latente

L'intensità della radiazione solare che colpisce il distillatore è uno dei più importanti parametri che ne influenzano la produzione. In linea teorica si può osservare che la produzione giornaliera d'acqua distillata (M_w in $\text{Kg}/\text{m}^2 \text{ day}$) è uguale all'energia utilizzata nella vaporizzazione dell'acqua nel distillatore (Q_e in $\text{J}/\text{m}^2 \text{ day}$) diviso il calore latente di evaporazione dell'acqua (L in J/kg).

Solar still Production: $M_w = Q_e / L$

L'efficienza del distillatore (N) è uguale all'energia utilizzata per l'evaporazione dell'acqua nel distillatore diviso l'energia solare incidente sul distillatore, in termini di radiazione solare. (Q_t in $\text{J}/\text{m}^2 \text{ day}$)

Solar Still Efficiency: $N = Q_e/Q_t$

Rendimento giornaliero

Output approssimativo di un distillatore solare passivo a bacino lineare.

$$Q = \frac{E \times G \times A}{2.3}$$

dove:

Q = Produzione giornaliera del distillatore (litri/giorno)

E = Efficienza complessiva del processo di distillazione e raccolta dell'acqua overall efficiency.

G = Radiazione solare globale giornaliera media ($\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ day}$) o ($\text{kWh}/\text{m}^2 \text{ day}$)

A = l'area di base del distillatore (m^2)

Esempio di calcolo

Considerando una radiazione solare, globale, giornaliera media di $18.0 \text{ MJ}/\text{m}^2 \text{ day}$ (**$5 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ day}$**).

(es. Bologna ad agosto ha una media mensile di $7 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ day}$)

Un'efficienza di Overall durante il processo di distillazione del 30%.

L'output per m^2 al giorno :

$$Q = (0.30 \times 18.0 \times 1) / 2.3 = 2,35 \text{ l}/\text{m}^2 \text{ day}$$

Parametri che influenzano i rendimenti nei distillatori solari

Come descritto nel capitolo precedente sono stati sviluppati diversi tipi di distillatori ogni design mira ad aumentare i rendimenti. Dalle sperimentazioni fatte si deducono i parametri che influenzano i rendimenti e sono fondamentali per una corretta progettazione di un distillatore solare.

Nei distillatori passivi è stato osservato che:

Radiazione solare:

L'irraggiamento a cui è sottoposto il distillatore è il primo parametro che influisce sui rendimenti del distillatore. Quindi l'area geografica dove è posizionato il distillatore è fondamentale.

Angolo d'inclinazione del vetro:

E' stato dimostrato che il rendimento annuale di un distillatore solare è massimo quando l'inclinazione del vetro è pari alla latitudine del luogo d'interesse.

Livello dell'acqua:

Il rendimento del distillatore è massimo quando il livello nel bacino è mantenuto minimo e costante.

Superficie libera:

Il tasso di evaporazione è direttamente correlato a questa grandezza poiché l'aumento del rendimento è proporzionale all'entità della superficie disponibile all'evaporazione.

Superficie di assorbimento:

Aumentando la superficie di assorbimento del calore si ha un aumento dell'evaporazione dovuto ad un aumento di trasferimento del calore.

Differenza di temperatura tra vetro e acqua

Aumentando la differenza di temperatura tra il vapore acqueo all'interno del distillatore e la temperatura interna del vetro o Pvc di copertura si favorisce il processo di condensazione aumentando quindi i rendimenti in uscita.

Velocità del vento :

Da studi sperimentati nel paragrafo che segue, dove sono riportati i test di laboratorio, viene dimostrato come la velocità del vento influisce sui rendimenti del distillatore. E' facilmente intuibile che il vento colpendo la superficie esterna del distillatore la raffredda, di conseguenza si raffredda anche la superficie rivolta verso l'interno del distillatore, in questo modo aumenta la differenza di temperatura tra il vapore acqueo interno al distillatore e la parte interna della superficie trasparente di rivestimento ed aumentano i rendimenti. (vedi sopra)

Temperatura dell'acqua:

La produttività del distillatore aumenta inserendo acqua preriscaldata. I distillatori con acqua pre riscaldata fanno parte della famiglia dei Distillatori Solari Attivi. (*Active Solar Still*)

Tipi di distillatori solari

Sono stati progettati molti modelli di distillatori solari con il fine di massimizzare i rendimenti [2]. I distillatori solari vengono solitamente classificati in due categorie [3]: quelli a effetto singolo e quelli a multi effetto che riutilizzano il calore latente sprecato nella condensazione [4]. L'integrazione di un collettore solare o meno li differenzia ancora in distillatori attivi e passivi. Da letteratura inglese: active solar still (**distillatori solari attivi**) e passive solar still (**distillatori solari passivi**). [5,6].

I distillatori a singolo effetto passivi, con bacino semplice, sono quelli più diffusi. Sono costituiti da un bacino convettivo dove viene raccolta l'acqua da depurare, un'area per la diffusione del vapore acqueo e una superficie inclinata di copertura dove condensa il vapore acqueo [7,8].

A seguire una descrizione e delle schede per i più importanti.

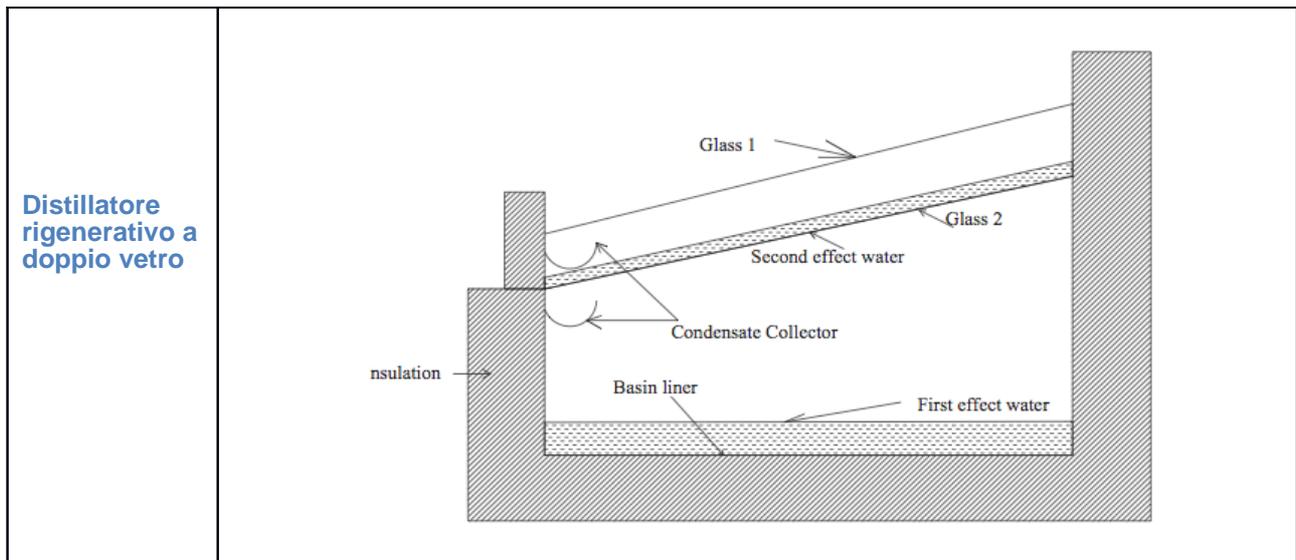
Sono stati studiati distillatori con sistemi per raffreddare la copertura [9,10], come i distillatori a bacino semplice ma multi-effetto [11]. I sistemi complessi sono costosi e possono richiedere un monitoraggio regolare con una manodopera qualificata. Per questi motivi, i sistemi complessi non hanno una diffusa applicazione nelle aree remote.

I distillatori solari di tipo a bacino semplice sono tuttora il più diffusi [12-17]. Il bacino di tipo solare è ancora insufficiente per una rapida rimozione del sale accumulata nel bacino e nelle riparazioni rapide del fermo. Un piccolo sperimentale Solar tubolare Still (TSS) è stato costruito per determinare i fattori che influenzano la produzione notturna di stills solare [18]. Questa ancora costituito da un vassoio rettangolare nero metallico posto al piano diametrale di un tubo di vetro cilindrico. La relazione empirica hanno raccomandato per un particolare sistema progettato non può essere generalizzata per una TSS di diverse dimensioni. Inoltre, un'analisi dettagliata di questo TSS di qualsiasi dimensione per predire la produttività notturna è stata presentata [19]. Loro [18,19] principalmente focalizzata sull'analisi teorica della produzione notturna di TSS. Il sistema è come un solare multiwick ancora posto all'interno del piano diametrale di un cilindro di vetro cavo lungo la sua lunghezza [20]. »[21]

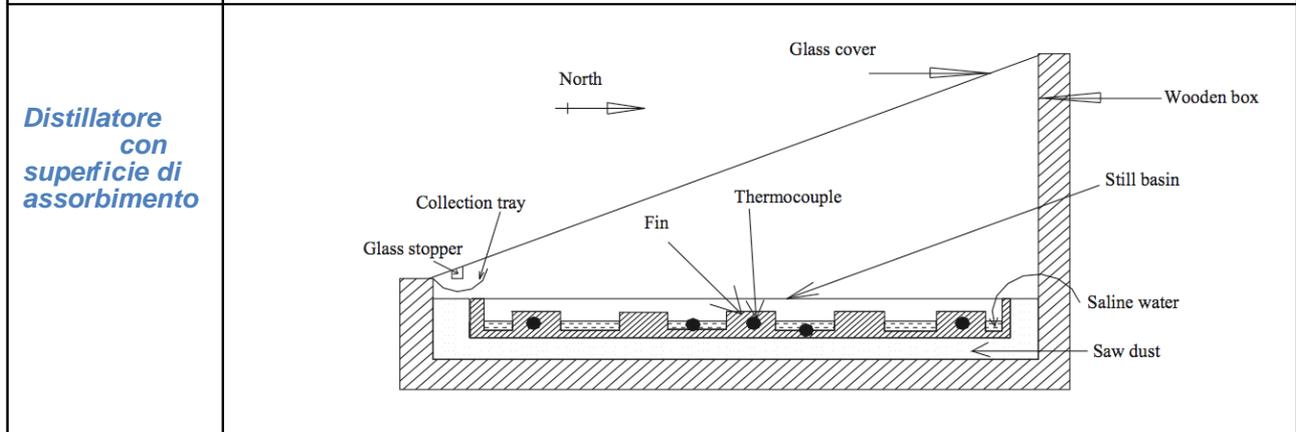
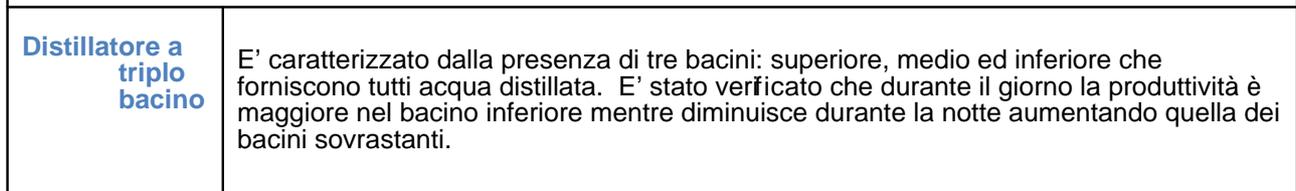
Esempi distillatori solari

A seguire si sono voluti riportare brevemente vari modelli di distillatori solari sperimentali o effettivamente realizzati. Esistono molti modelli di distillatori solari con differenti caratteristiche tecnologiche

PASSIV SOLAR STILL	
<p>Distillatore solare passivo semplice di tipo bacino semplice.</p>	
<p>Il distillatore è composto da una base isolante al cui interno vi è il bacino di convezione, una copertura in vetro o PVC dove il vapore acqueo condensa e permette la raccolta della rugiada in un'apposita canalina.</p>	
<p>Distillatore solare passivo con spugne per aumentare la Superficie disponibile per l'evaporazione.</p>	
<p>Il rendimento è direttamente proporzionale alla superficie di evaporazione disponibile. Per aumentare la superficie bagnata si è fatto ricorso all'utilizzo di spugne che, per capillarità, assorbono acqua così da fornire un maggior quantitativo per l'evaporazione. Sperimentalmente la combinazione ottimale di rendimento è:</p> <ul style="list-style-type: none"> - spugne 6x6x6 cm; - 20% volume occupato dalle spugne; - livello d'acqua di 7 cm. 	

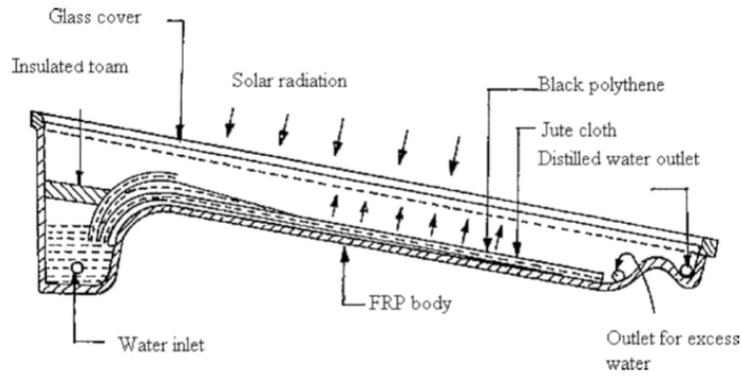


Consiste in due bacini sovrastanti, Il vantaggio sta nell'aumento della differenza di temperatura tra l'acqua e il vetro di copertura del bacino superiore che, evaporando, produce calore aumentando così la produzione di acqua distillata anche nel bacino sottostante.



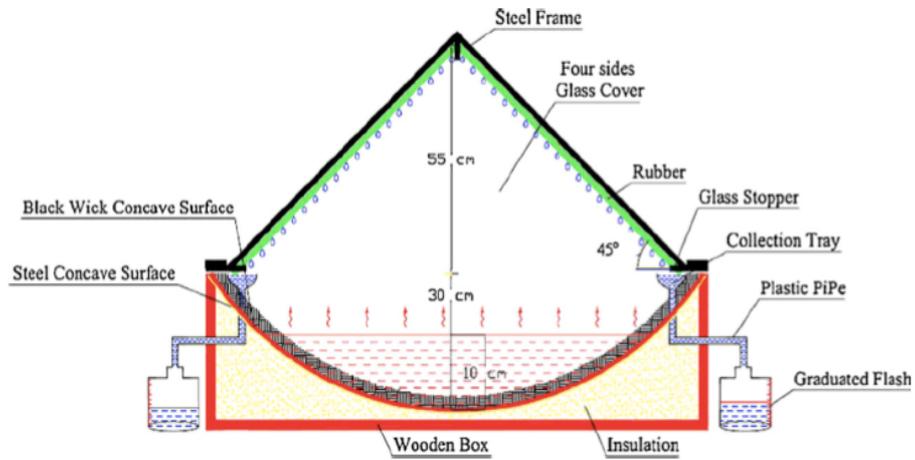
Aumentando la superficie di assorbimento del calore si ha un aumento dell'evaporazione dovuto ad un aumento di trasferimento del calore. Inserendo cordoli solidi rettangolari, con eventuali termocoppie all'interno, nel bacino di base si può aumentare il rendimento di distillazione fino al 30%.

Wick type solar still



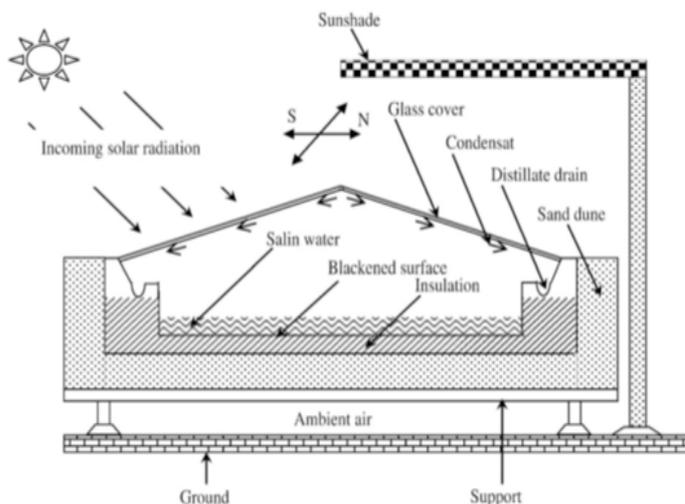
La salamoia di scarto a temperatura elevata scorre su un superficie porosa inclinata e viene raccolta così da diminuire il livello e poter estrarre ulteriore energia per i processi di distillazione aumentando il rendimento di acqua distillata

Concave wick solar still



Il rendimento del distillatore è massimo quando il livello dell'acqua nel bacino è mantenuto minimo e costante.

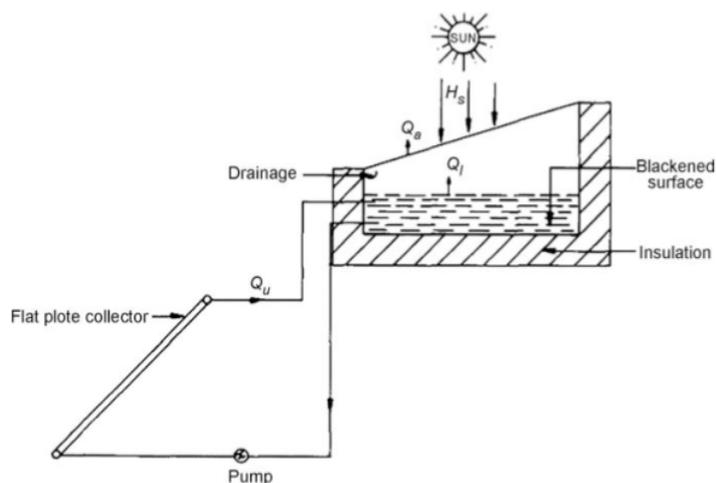
Distillatore a Doppia pendenza



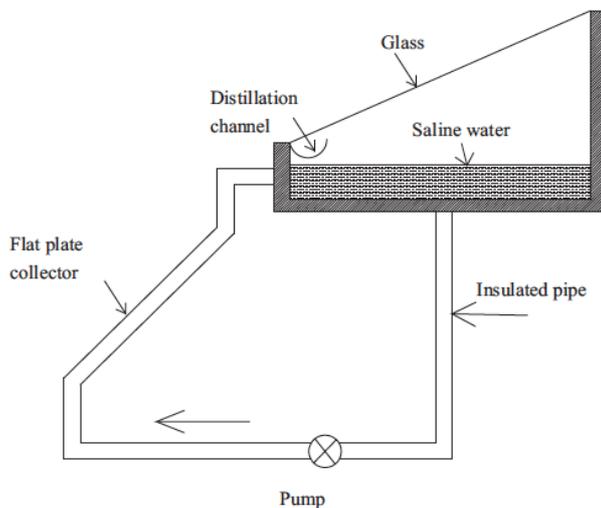
Anziché una sola superficie inclinata, due superfici convergenti con la stessa pendenza. Questo permette di aumentare la superficie del bacino di raccolta e, quindi, il rendimento. Chiaramente si tratta di una tecnologia di più difficile realizzazione rispetto ad un distillatore a pendenza singola.

ACTIVE SOLAR STILL

Si definiscono distillatori solari attivi tutti quei distillatori a cui viene associato un collettore solare o viene implementato un sistema di preriscaldamento dell'acqua in entrata al distillatore.

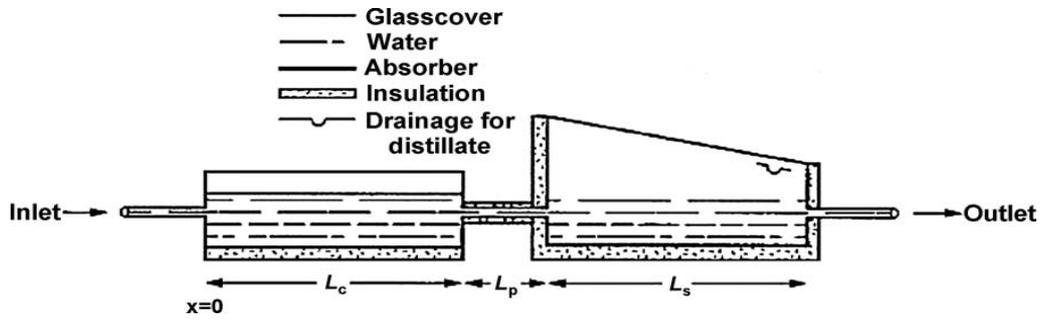


Schema di Distillatore solare attivo.



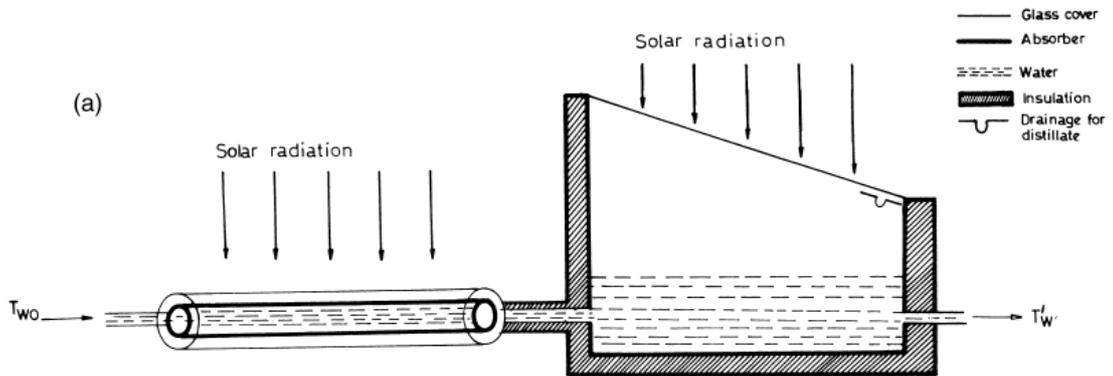
Attraverso un circuito idraulico, realizzato con tubature ben isolate termicamente, l'acqua viene pompata in un collettore solare e rimandata nel bacino del distillatore

Distillatore solare con dispositivo per il preriscaldamento dell'acqua

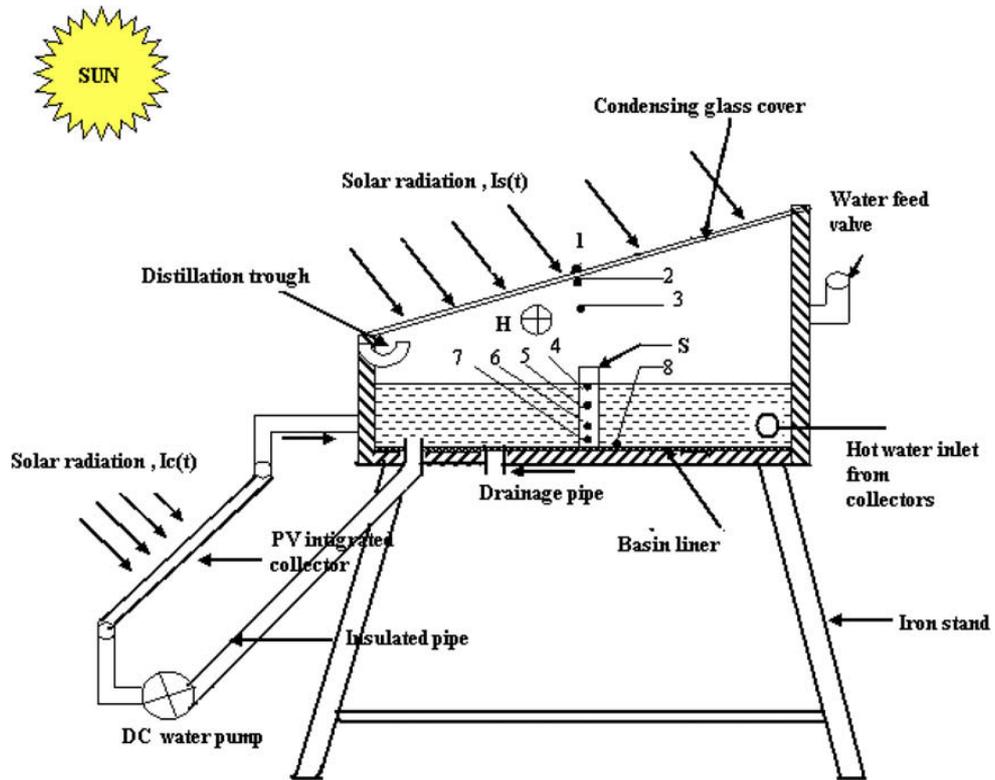


Schema di distillatore solare attivo con collettore tubolare per il preriscaldamento dell'acqua.

YADAV and YADAV: ANALYTICAL SOLUTION OF A SOLAR ENERGY COLLECTOR 9:



Distillatore solare ibrido con fotovoltaico e solare termico



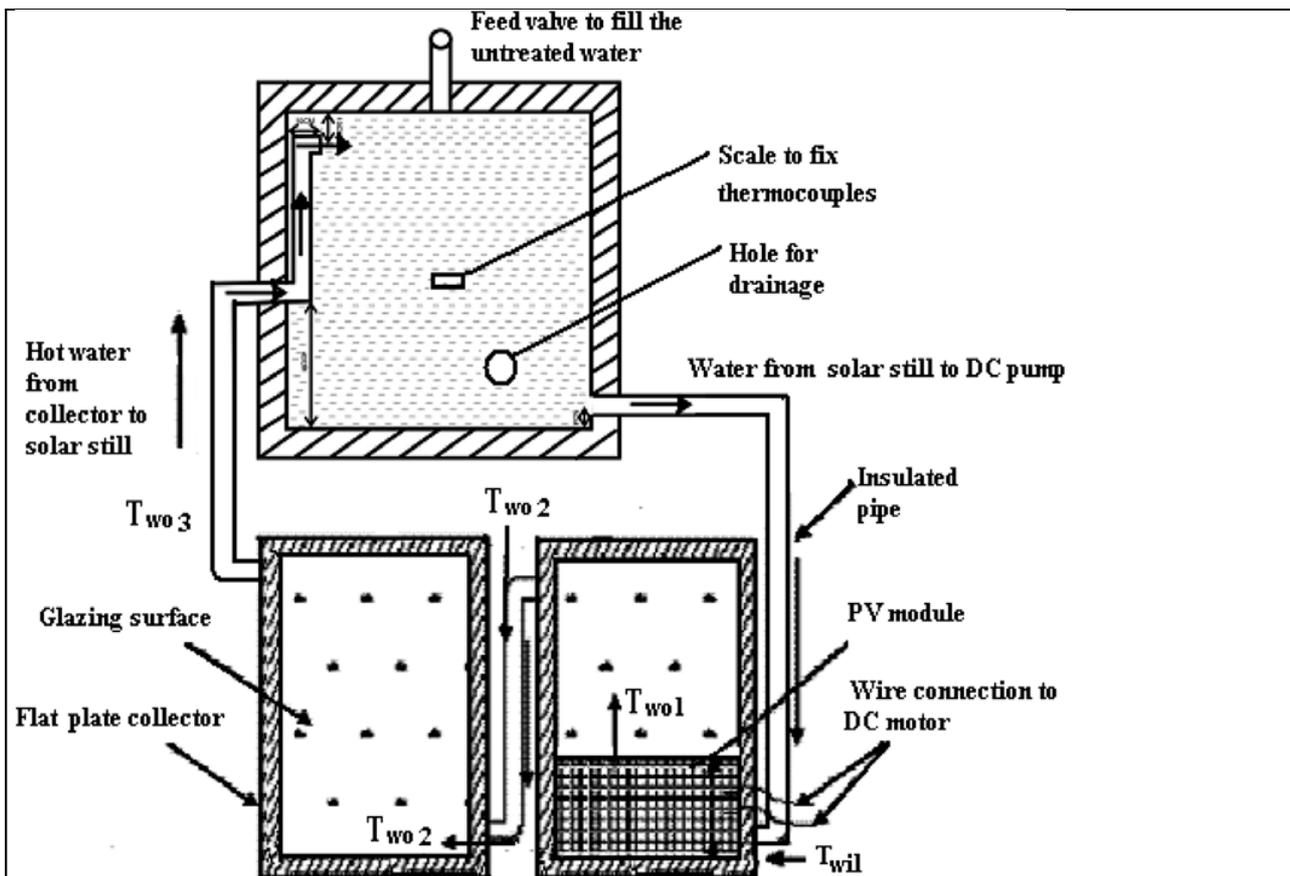
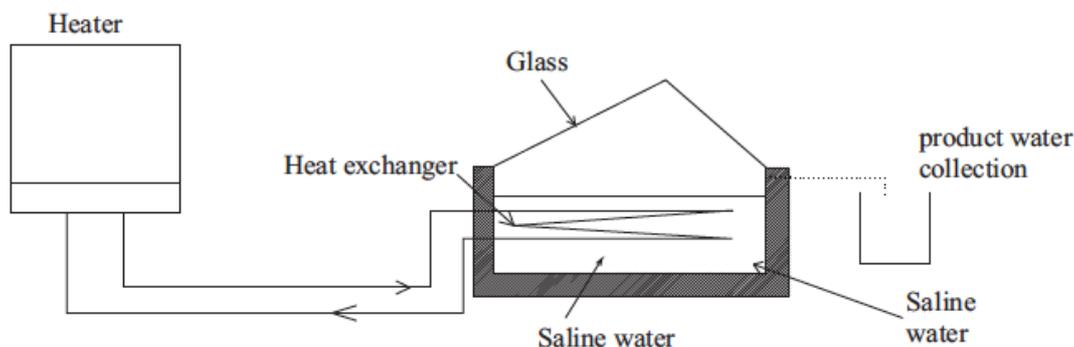


Figura pompa alimentata dal pannello solare

Specification	Hybrid (PV/T) active solar still	Passive solar still
Area of basin	1 × 1 m ²	1 × 1 m ²
Area of glass cover	1.16 × 1 m ²	1.16 × 1 m ²
Thickness of glass cover	0.004 m	0.004 m
Angle of glass cover with horizontal	30°	30°
Lower vertical height of basin (front side)	0.30 m	0.30 m
Higher vertical height of basin (back side)	0.88 m	0.88 m
Total surface area of solar still	3.36 m ²	3.36 m ²
Weight of solar still	21.17 kg	21.17 kg
Height of iron stand from the ground	1.5 m	1.0 m
Area of PV module	0.55 × 1.20 m ²	-
Diameter of the copper tubes	0.0127 m	-
Angle of FPC with the horizontal	45°	-
Number of copper tubes in the FPC	20 (10 in each)	-
Size of each collector	1.9 m × 1.25 m	-
Number of tube in each collector	10	-
Length of each tube	1.8 m	-
Diameter of each tube	1.27 cm	-
Thickness of collector glass (toughen)	0.004 m	-
Size of PV module	1.25 m × 0.55 m	-
No. of solar cell in the PV module	36	-
Effective area of first collector under glass	1.34 m ²	-
Effective area of first collector under PV module	0.66 m ²	-
Effective area of second collector under glass	2.0 m ²	-

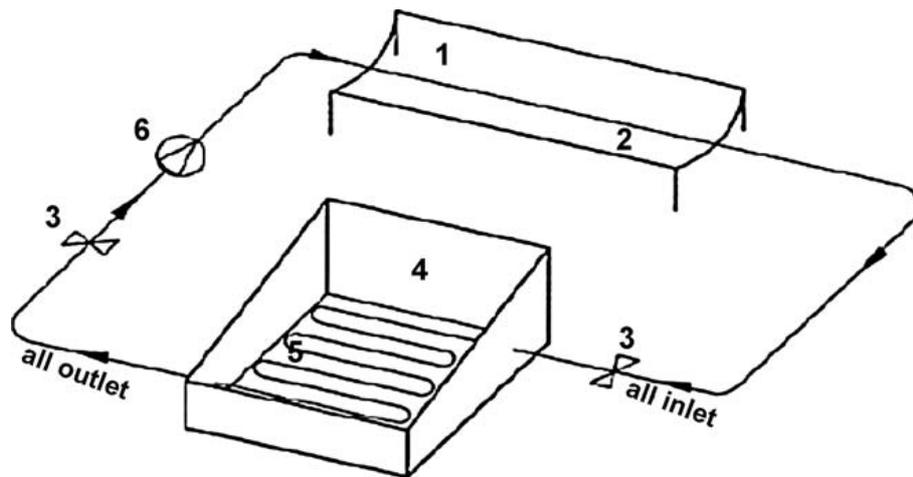
Questo qui riportato è un esempio molto interessante di distillatore attivo, è prodotto ibrido di diverse tecnologie solari sommate. Ci sono dei pannelli collettori termici, **solare termico**, che preriscalda l'acqua in entrata e un piccolo **pannello fotovoltaico** che fornisce l'energia necessaria alla pompa per far circolare l'acqua nel sistema. L'acqua viene pre-riscaldata dai pannelli solari termici e viene immessa nel bacino all'interno del **distillatore solare** favorendo i rendimenti di distillazione. Sia le tubature di raccordo che la struttura del distillatore sono debitamente isolati termicamente.

Schema di distillatore solare attivo con scambiatore di calore

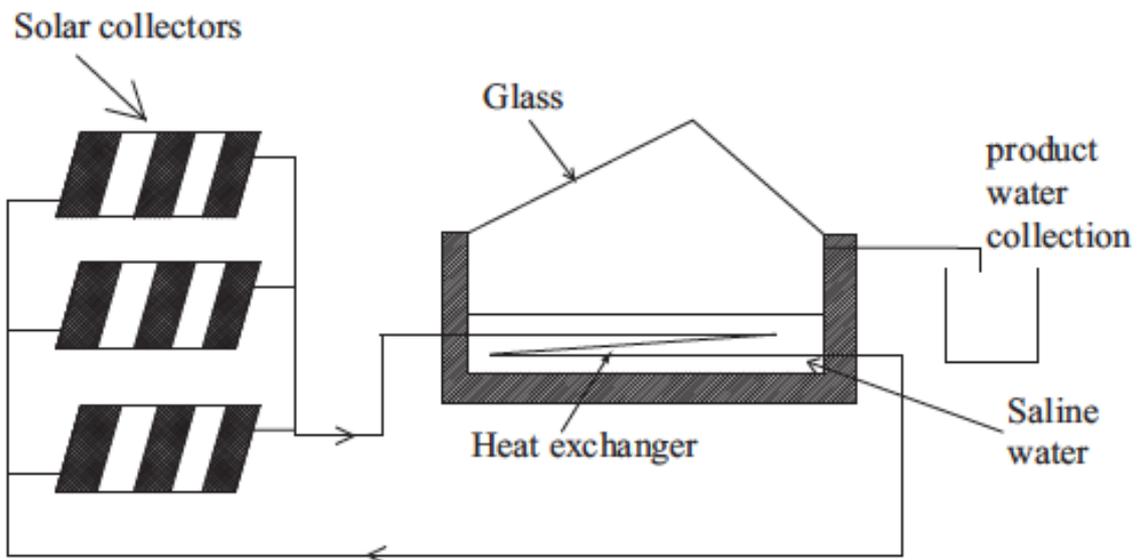


In questo caso viene usata una fonte di calore esterna, che può essere di vario tipo come vedremo più avanti e viene creato un circuito chiuso che alimenta una serpentina, o una scambiatore di calore, all'interno del bacino di distillazione. Così facendo non c'è uno scambio di fluido tra i due sistemi, ma solo di calore

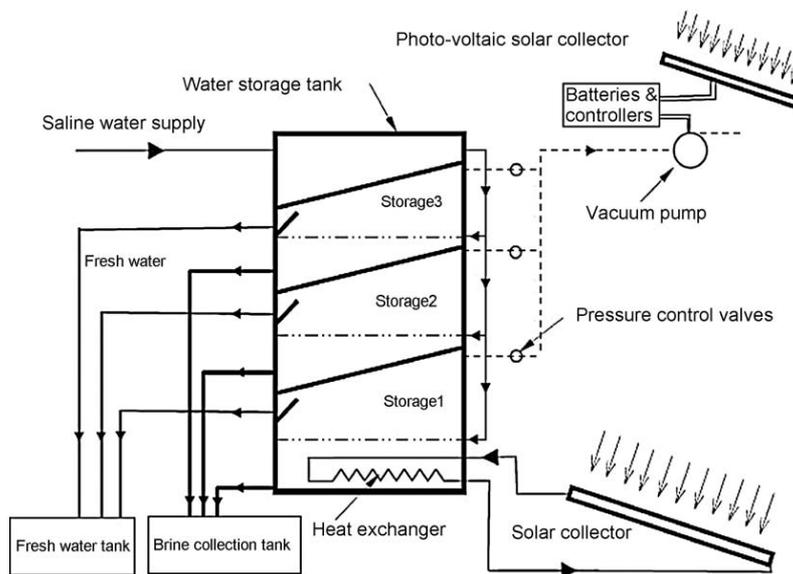
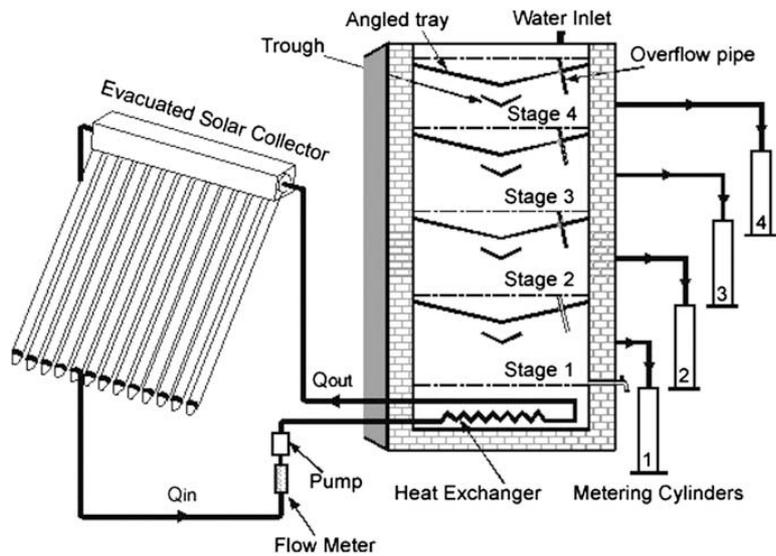
Distillatore solare attivo con collettore solare parabolico e scambiatore di calore a serpentina



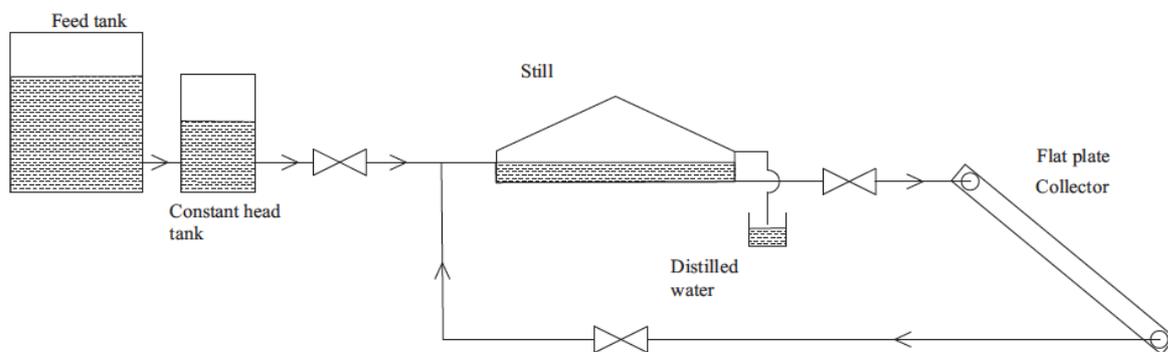
Distillatore solare attivo con collettori solari in parallelo e scambiatore di calore a serpentina



Distillatore attivo multi livello con scambiatore di calore e collettore solare termico

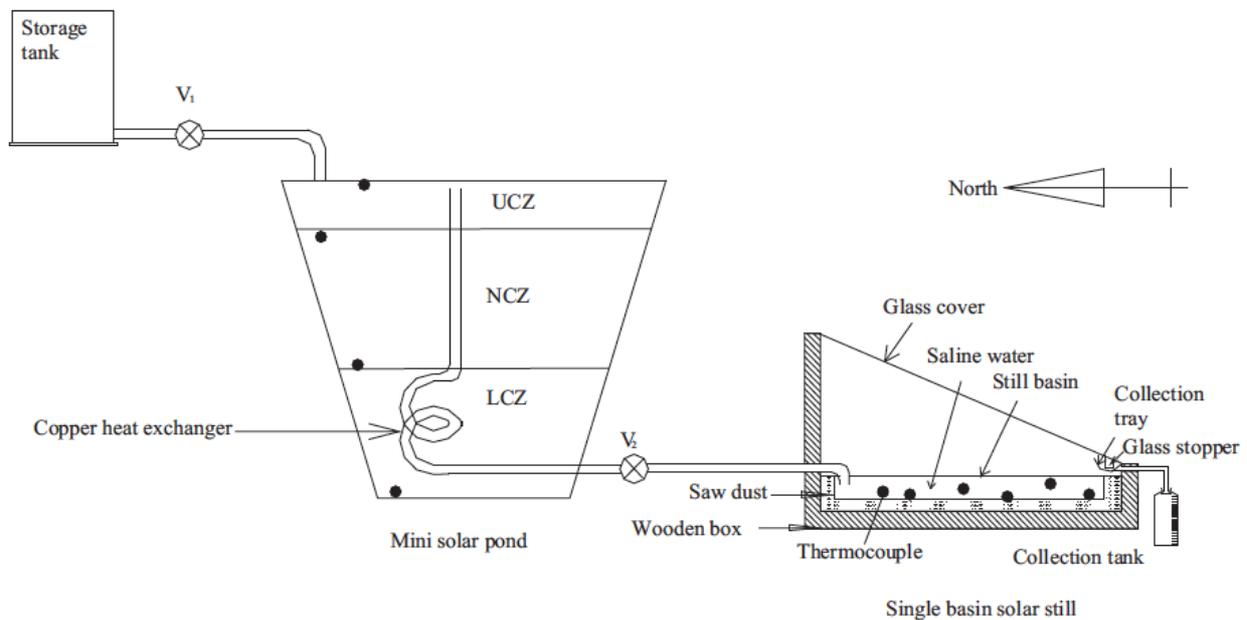


Distillatore attivo con sistema di approvvigionamento continuo



In questo schema viene inserita una cisterna di stoccaggio dell'acqua ed un'altra cisterna con un carico idraulico costante che garantisce una portata continua al sistema. Di distillazione. Ragionare su l'automazione del sistema di distillazione è un argomento importante che semplifica gli oneri di gestione della tecnologia.

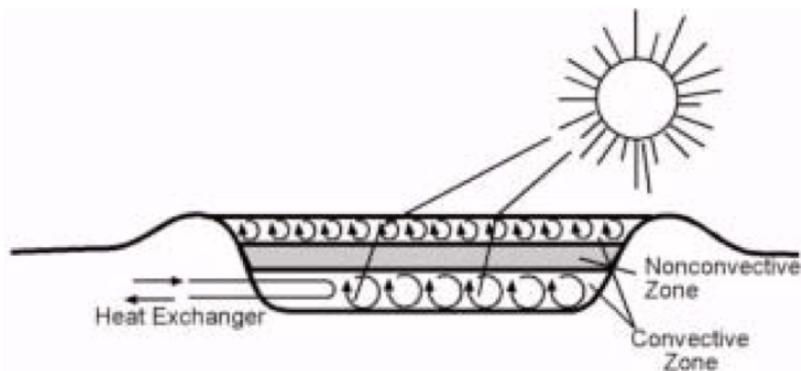
Distillatore solare attivo con mini Solar Pond (stagno solare)



I Mini solar pond si basano sul principio dei bacini d'acqua solari. sono ampi bacini di acqua della profondità di 2-3 m e sono costituiti da tre strati. Lo strato superficiale per esempio potrebbe essere costituito da circa mezzo metro di acqua dolce o di mare a salinità normale (0-35 g/l) e a temperatura ambiente (20-25°C). Lo strato più profondo è costituito da acqua ad alta salinità (200-250 g/l) e ad alta temperatura (80-90°C).

A separare queste due zone si trova una zona caratterizzata da un gradiente di concentrazione di sale (e temperatura) decrescente dal **basso verso l'alto**.

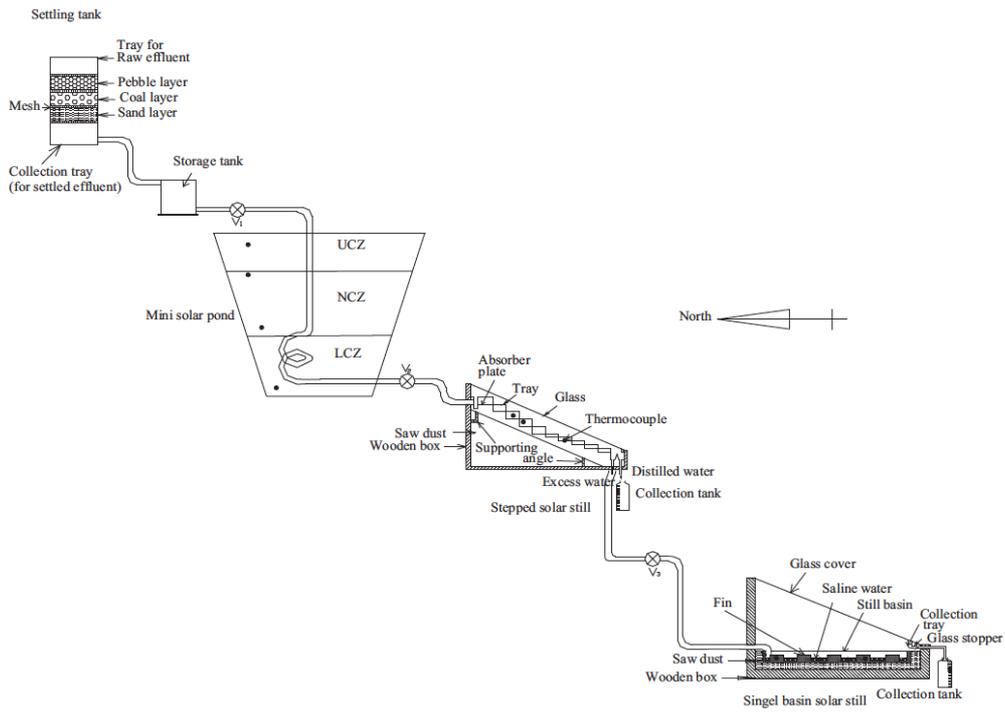
Figura Schema dei movimenti convettivi all'interno dello stagno



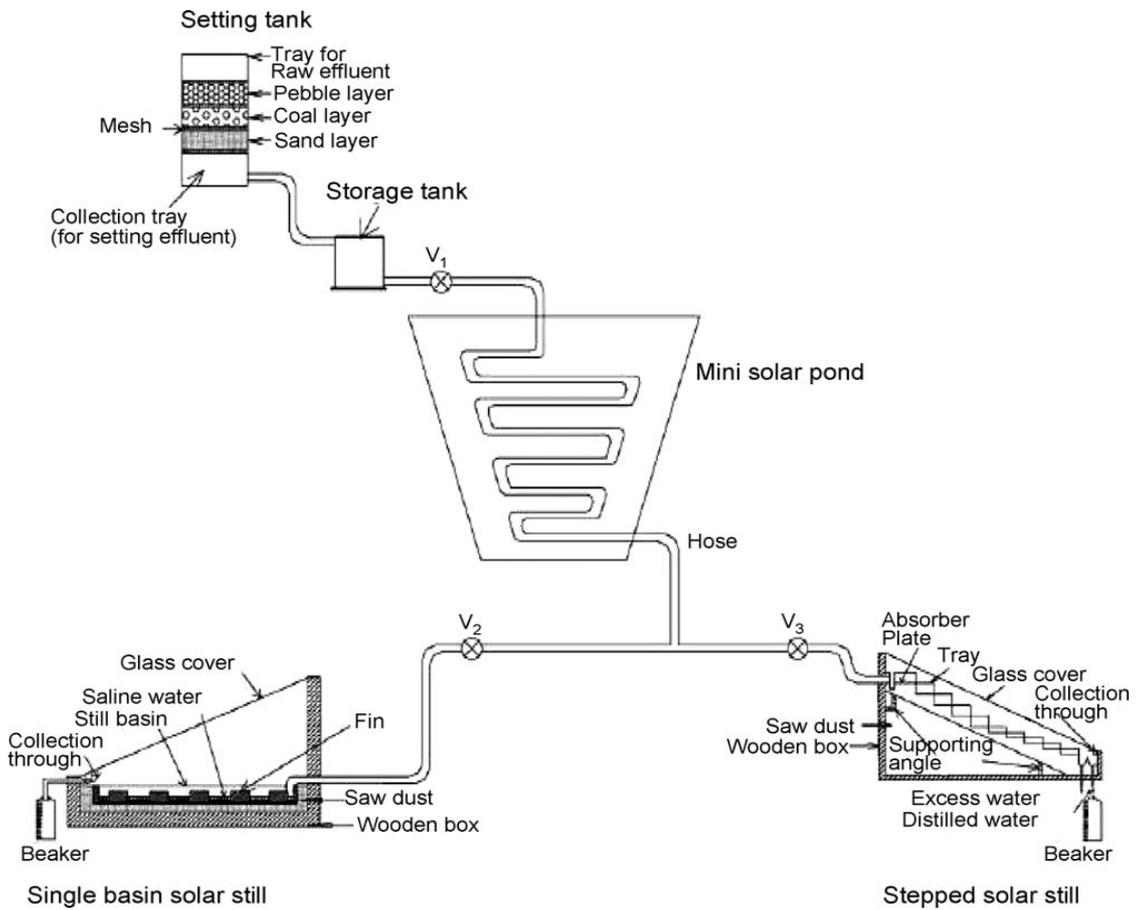
L'acqua nella zona del gradiente salino non può salire perché l'acqua che le sta sopra ha un contenuto salino inferiore ed è perciò più leggera. Per la stessa ragione l'acqua degli strati alti non può scendere, perché l'acqua dello strato inferiore ha un contenuto salino maggiore ed è più pesante, ed anche se la sua densità decresce al crescere della temperatura, resta sempre più densa dell'acqua degli strati superiori.

Per esemplificare questo aspetto del problema si ricorda che la densità dell'acqua aumenta di circa 0.75 kg/m³ per ogni kg di NaCl aggiunto ad un m³ di H₂O, e che il coefficiente volumetrico di espansione termica di una soluzione acquosa di NaCl è circa $4 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Da questi dati si deduce che la densità di una soluzione acquosa di NaCl contenente 35 g/l a T=25°C è circa il 10% meno densa di una soluzione di NaCl contenente 200 g/kg a T=80°C.

Sistema multistadio di distillazione solare (in serie)



Sistema multistadio di distillazione solare (in parallelo)

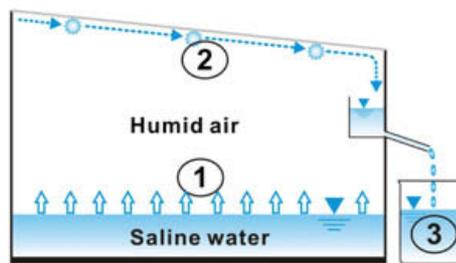
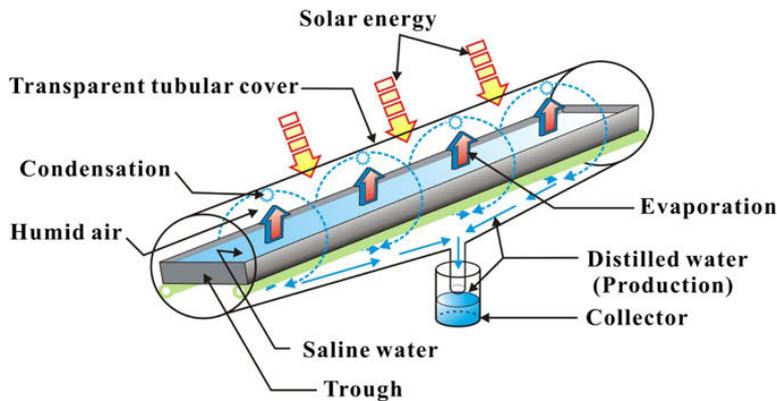


Per tutte le tipologie di distillatori, è necessario fare una manutenzione costante pulendo con accuratezza il vetro, senza utilizzo di agenti chimici ovviamente, ed eliminando la salamoia. In questo modo sarà garantito il miglior funzionamento e non si avranno diminuzioni nel rendimento in acqua distillata.

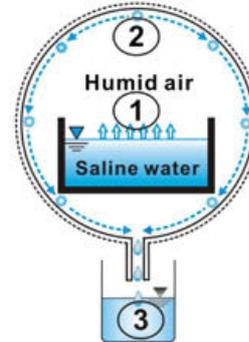
I distillatori tubolari.

Tra gli ultimi ad essere sperimentati i distillatori tubolari.

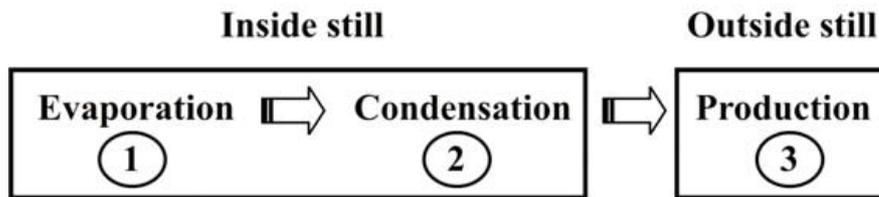
Il vantaggio dei distillatori tubolari è dato dal fatto che la superficie è irraggiata a 360° e i rendimenti di distillazione per m2 sono maggiori rispetto ai modelli a bacino piano.



(a) Basin-type still



(b) TSS



(c)

8. Progettazione e realizzazione di un prototipo di distillatore solare tubolare (TSS) con collettore solare parabolico.

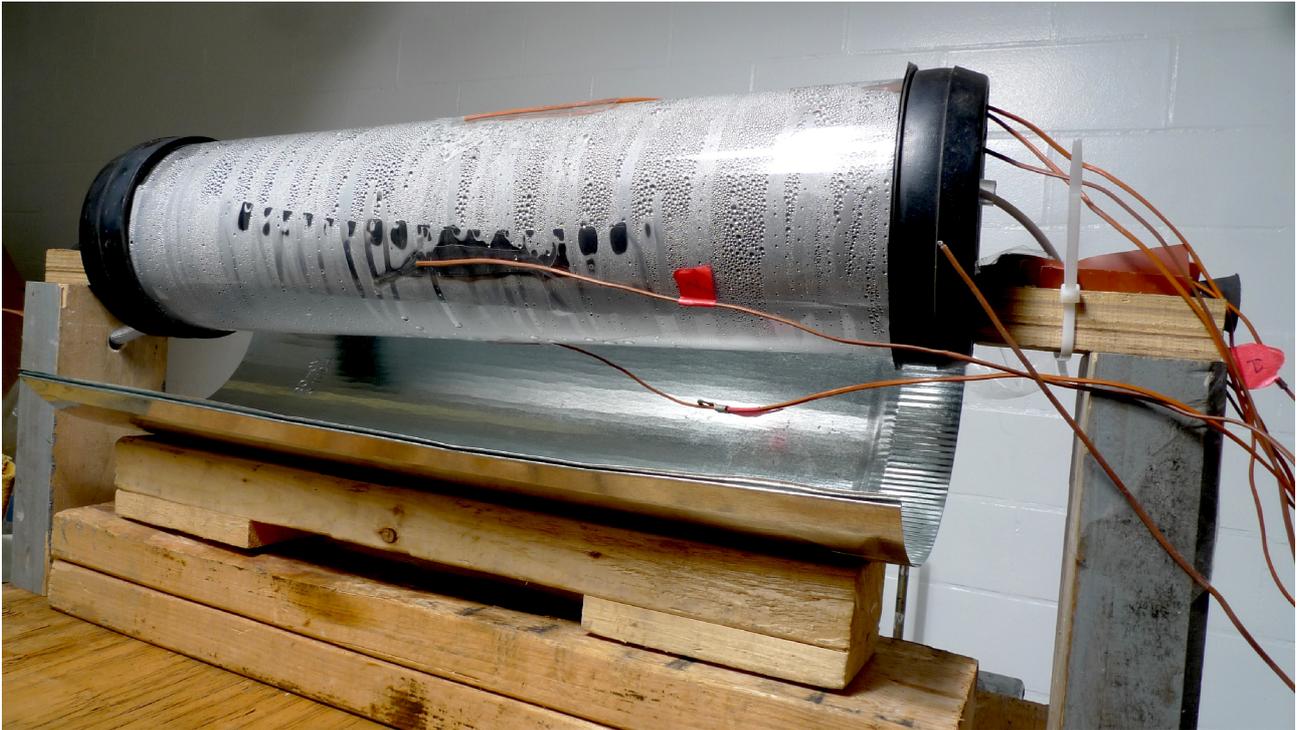
Progettazione del prototipo

I prototipi di distillatori solari semplici a bacino piano sono i più diffusi ma hanno ancora rendimenti bassi. L'obiettivo di questa ricerca è di costruire un prototipo di un distillatore con un buon rapporto costi benefici. Un altro obiettivo è quello di realizzare un prototipo che rende possibile approfondire il processo di evaporazione e condensazione all'interno del distillatore, per capire come migliorarne i rendimenti. E' stato scelto un design tubolare perché è più efficiente rispetto ad un distillatore classico a bacino lineare e perché è più interessante dal punto di vista scientifico. Questo prototipo infatti permette di monitorare il comportamento termico di ogni suo componente e di osservare il processo di distillazione nel dettaglio. Un distillatore tubolare di queste dimensioni è stato utilizzato di recente da altri ricercatori dell'università di Tokyo. [21] L'idea di questa sperimentazione è di migliorare questo tipo di TSS aggiungendo un collettore solare parabolico (PCS) e misurando tutti i parametri che entrano in gioco nel processo di distillazione con e senza il PCS per capire i benefici apportati. Per la realizzazione del prototipo è stato utilizzato materiale di facile reperimento e con costi molto contenuti per semplificarne la produzione e abbattere i costi. Il prototipo è stato costruito e testato all'interno del laboratorio di ingegneria Civile, Carlton Laboratory della Columbia University, New York.

Componenti del prototipo:

Materiali e dimensioni	Black tray in corrugate plastic	Diameter 0.1 m length 0.50 m
	PVC clear Pipe 6 inc	Diameter 0.15 m length 0.52 m
	brass pipe	Diameter 0.02 m length 0.6 m
	2 rubber cups	Diameter 0.15 m
	Aluminum parabola	Length 0.50 m

Il prototipo è costituito da:	<ul style="list-style-type: none"> • una tubatura trasparente (Vetro o PVC) • Una tubatura nera aperta di diametro inferiore posizionata all'interno della tubatura trasparente • Due coperchi in gomma che chiudono le tubature agli estremi • dei sostegni per la tubatura nera che sorreggono l'intero prototipo e permettono di inserire e rimuovere i fluidi dalla tubatura nera • Un concentratore parabolico per la radiazione solare
--------------------------------------	---

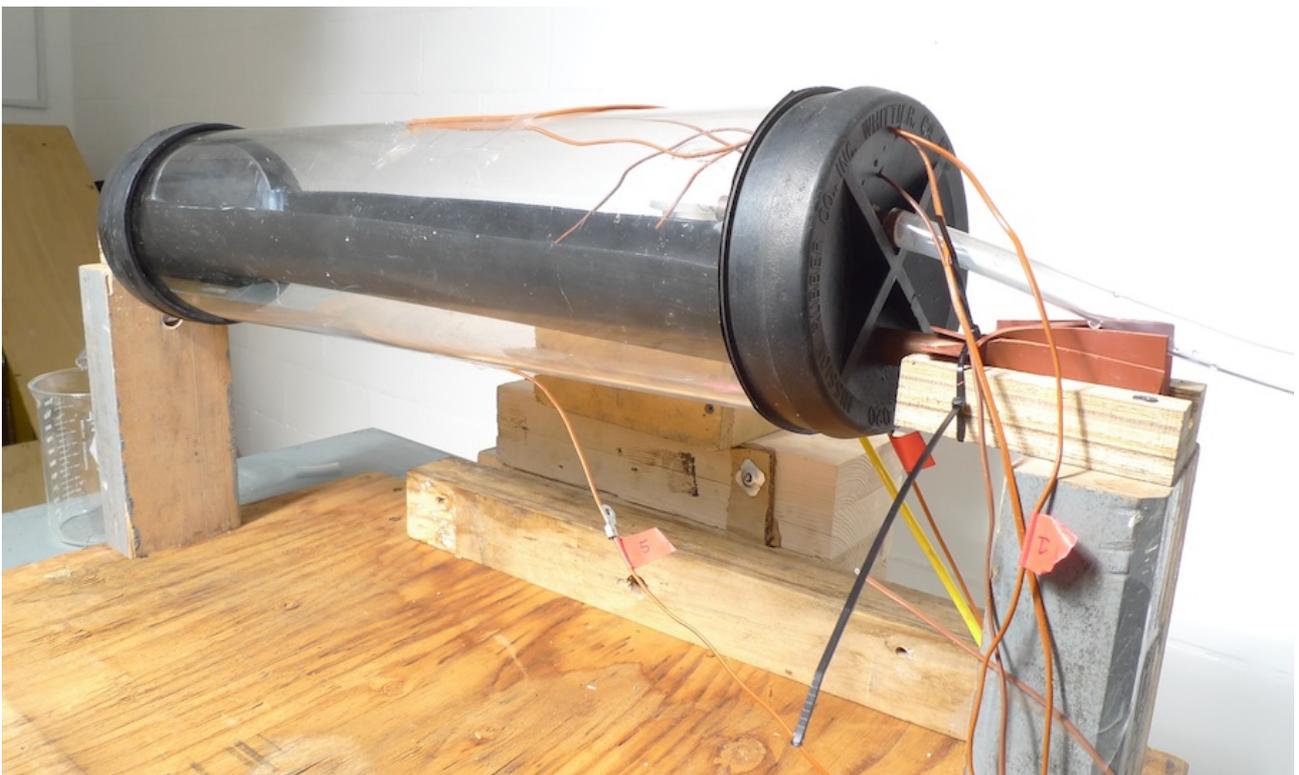


Funzionamento Del TSS

Si introduce una certa quantità di fluido (es. acqua con alti livelli di conducibilità elettrica dovuti ad alti livelli di salinità ed/o inquinanti.) nella tubatura nera all'interno del distillatore.

L'effetto della radiazione solare permette l'evaporazione del fluido dalla tubatura nera e in seguito la differenza di temperatura con la parete interna della tubatura trasparente ne favorisce la condensazione.

L'acqua distillata, risultato della condensazione, viene raccolta tramite un foro posizionato nella parte bassa della tubatura trasparente.



Il trasferimento di massa e calore in un distillatore solare tubolare (TSS)

La figura che segue mostra i trasferimenti di massa e di calore che avvengono dentro e fuori il distillatore solare tubolare (TSS). All'interno del TSS, avvengono due tipi di trasferimenti di massa e due cambiamenti di fase. L'evaporazione dalla superficie dell'acqua all'aria umida e la condensa dall'aria umida alla copertura. Si verificano molti tipi di trasferimenti di calore all'interno del TSS. Ad esempio il trasferimento di calore, tramite evaporazione, dalla superficie dell'acqua all'aria umida, Q_{ew} , il trasferimento del calore di condensazione dall'aria umida al coperchio, Q_{cdha} , trasferimento di *calore convettivo* tra la superficie dell'acqua e l'aria umida, Q_{cw} , tra il canale e l'acqua, Q_{tw} , tra il canale e l'aria umida, Q_{tha} , tra l'aria umida e il coperchio, Q_{cha} , e tra il coperchio e l'atmosfera, Q_{cc} , trasferimento di *calore radiante* tra la superficie dell'acqua e il coperchio, Q_{rq} , e tra il coperchio e l'atmosfera, Q_{rc} . Naturalmente, la precisione del calcolo della produzione dipende dalla precisione dei coefficienti di trasferimento di massa (MTCs) e coefficienti di scambio termico (HTCs). La teoria del trasferimento della massa e del calore, comprese le MTC e HTC si basa sui seguenti presupposti: 1. Non vi è perdita di vapore acqueo dal coperchio. 2. L'assorbimento della radiazione solare in aria umida è trascurabile. [22]

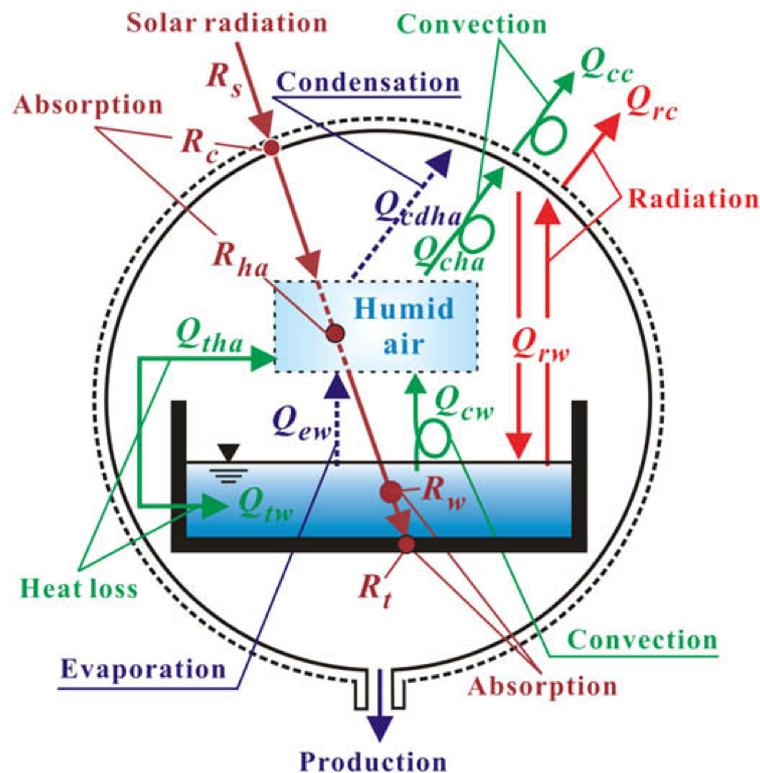


Figura Amimul Ahsan , Teruyuki Fukuhara, Mass and heat transfer model of Tubular Solar Still (2010)

Test del prototipo

Il prototipo è stato sottoposto a differenti condizioni di irraggiamento e di velocità del vento. Per simulare diverse condizioni climatiche. Il processo di distillazione è stato monitorato attraverso dei software, quali Hobo e Lab View.

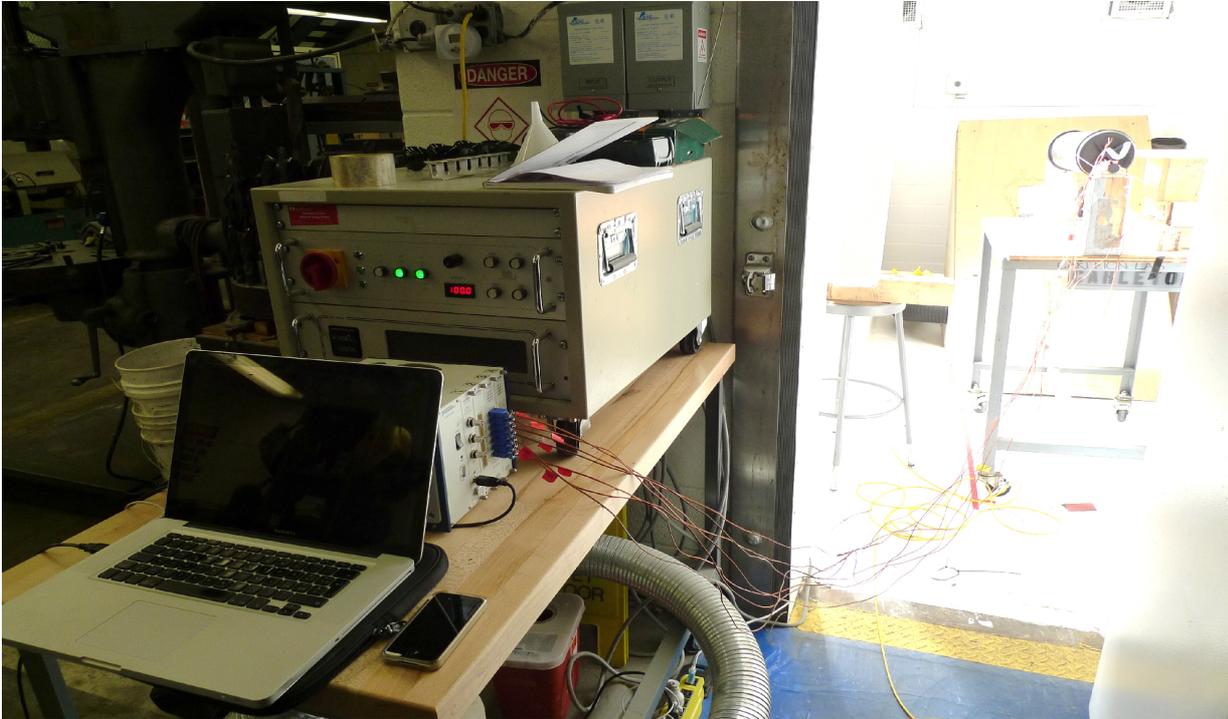


Figura Il prototipo è stato testato all'interno del simulatore solare del laboratorio di ingegneria civile della Columbia University di New York.

Con undici termocoppie sono state monitorate in continuo le temperature della stanza e di ogni elemento del prototipo (parete esterna ed interna del tubo in PVC, tubatura interna nera) e la temperatura dell'acqua in entrata, all'interno del tubo nero ed in uscita al distillatore e in fine la temperatura del vapore acqueo all'interno del distillatore. Con un igrometro è stato monitorato la percentuale di umidità (Hr) nella stanza e all'interno del distillatore. Con un anemometro sono state monitorate le velocità del vento, simulato da una ventola elettrica. Con una bilancia da laboratorio è stata pesata l'acqua in uscita dal distillatore per determinare le quantità esatte.

E' stata analizzata la qualità dell'acqua in uscita. In particolare sono stati misurati I valori di conducibilità elettrica di Solidi in soluzione e di PH.

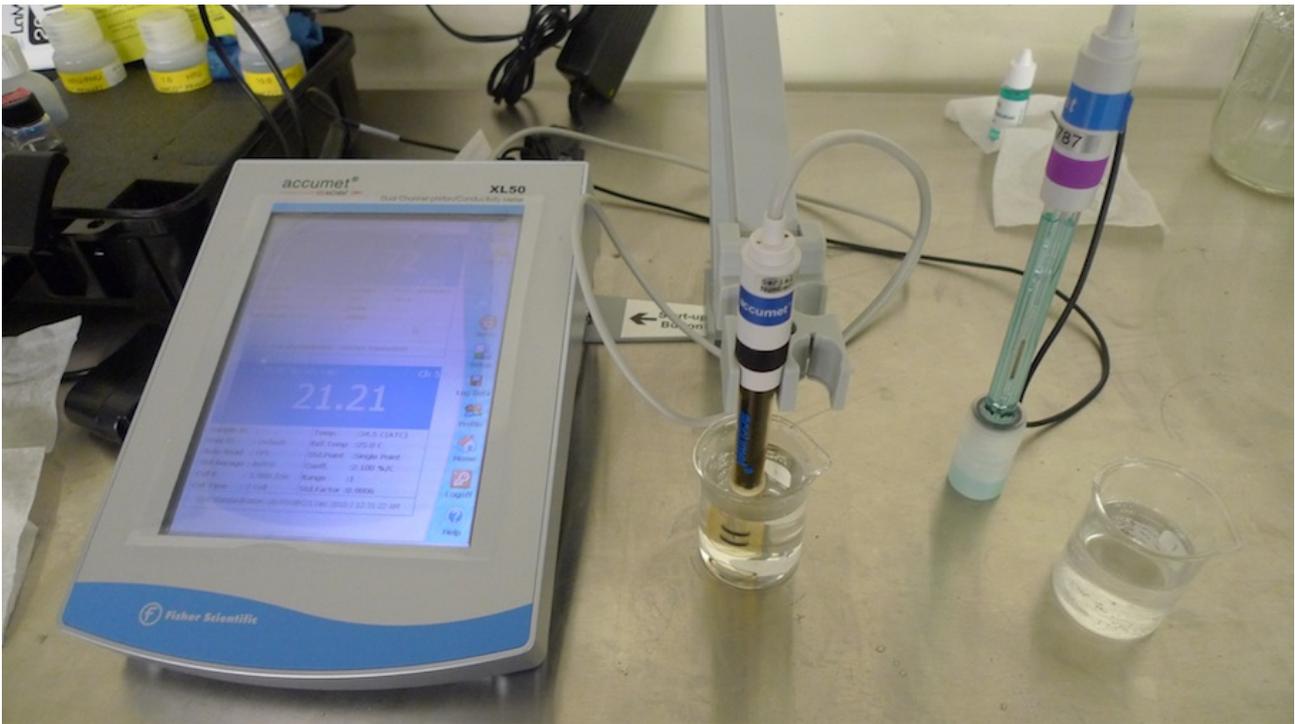


Figura analisi di EC, TDS, PH.

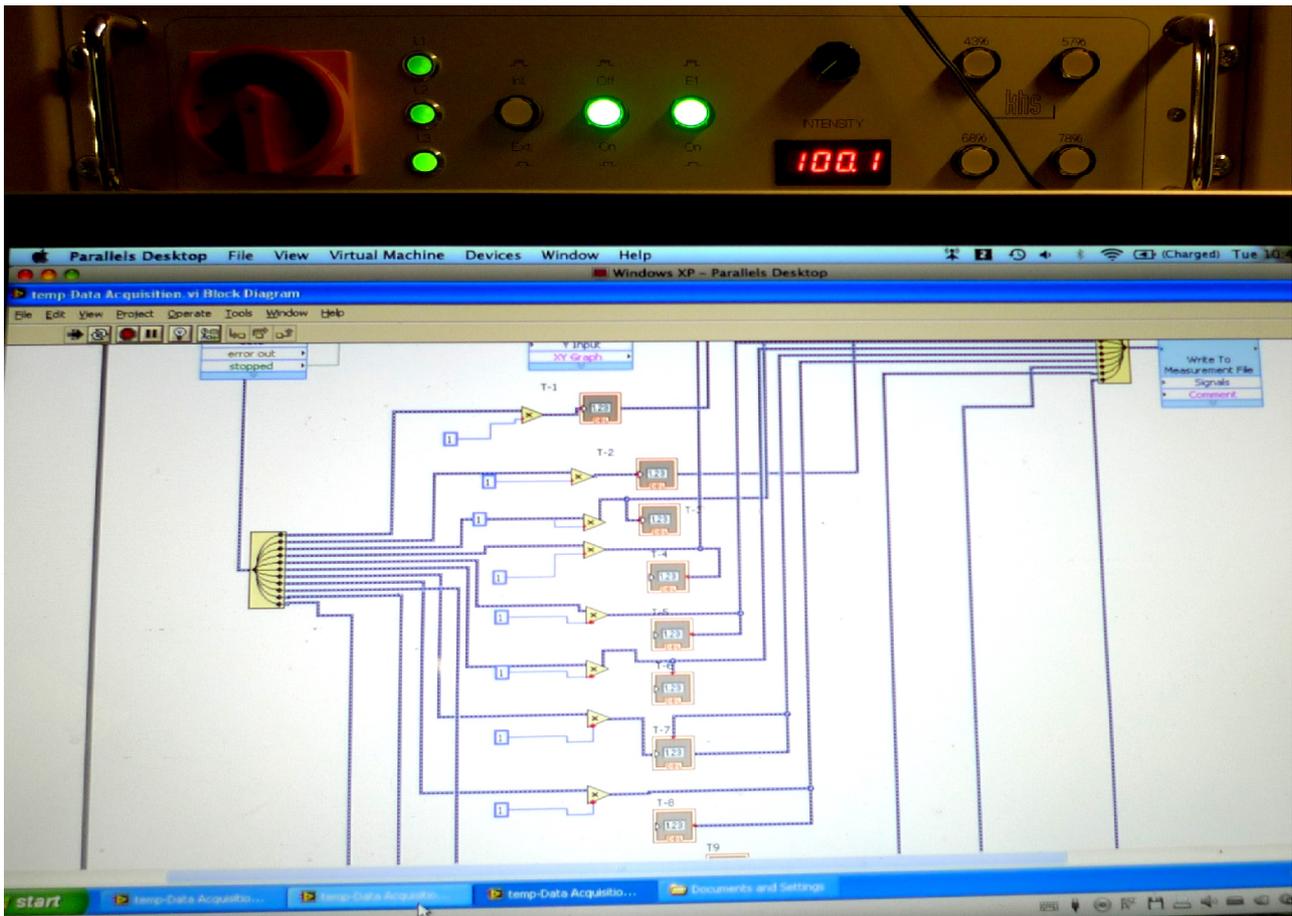
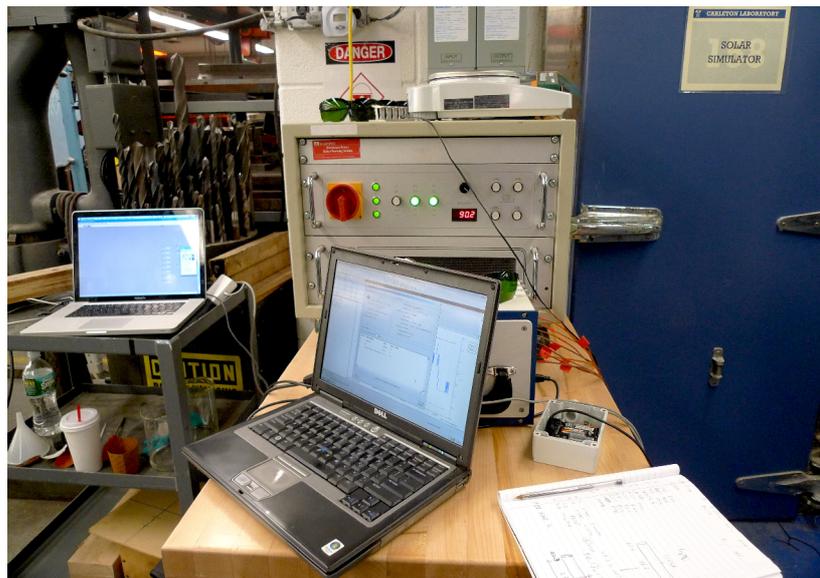


Figura Software Labview per gestire le termocoppie

Parametri analizzati:

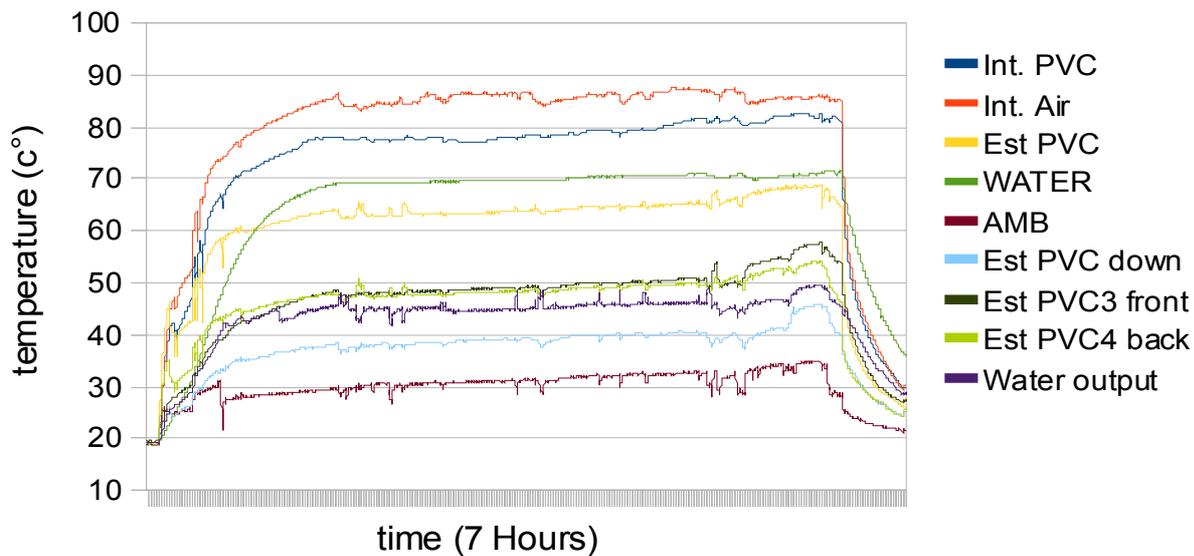
Tamb = Ambient Temperature
Tex = PVC external temperatures
Tin = PVC internal Temperature
Tg= Internal Air Temperature
Twit = water temperature in the tray
Twout = output water temperature
RHamb = Relative Humidity ambient Hra%
RHIn = Relative Humidity inside the still. Hr %
Sw = Wind Speed
R = Solar Radiation Solar radiation at 49% intensity 6.6 ----- 7.6----- 6.8 — Average 7/8.64 x 1000 = 810 W/m ²
Solar radiation at 90% intensity 8.2-----12.1 -----8.4 — Average 9.4/8.64 x 1000 = 1100 W/m
Qin = water input
Qout = water output
ECin = input water conductivity
ECout = Output water conductivity
PH



Sono stati condotti venti test sul prototipo. Ogni test ha una durata variabile da 4 a 8 ore. I test sono stati fatti a tre differenti condizioni di irraggiamento (R), velocità del vento, (Sw) e con o senza il collettore solare parabolico. Come esempio a seguire vengono riportati dei risultati significativi:

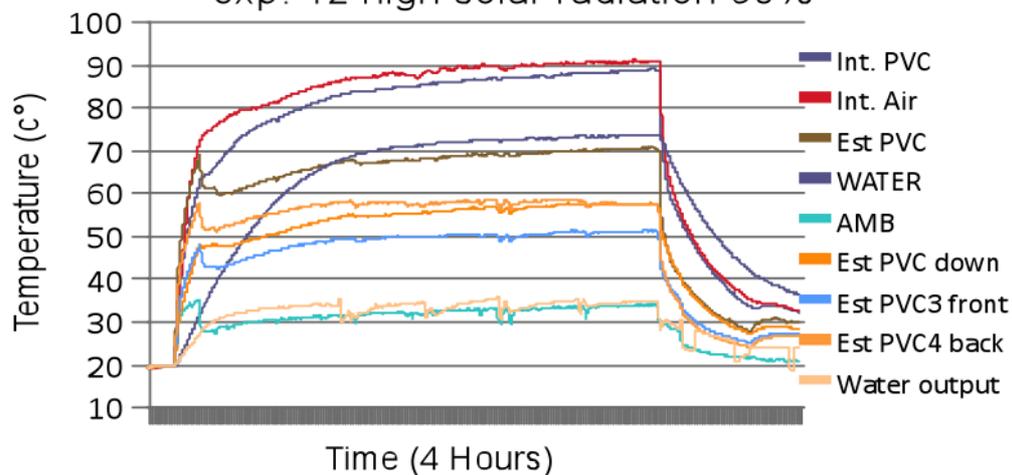
Temperature (c°)

exp. 8. High Solar Radiation 90%



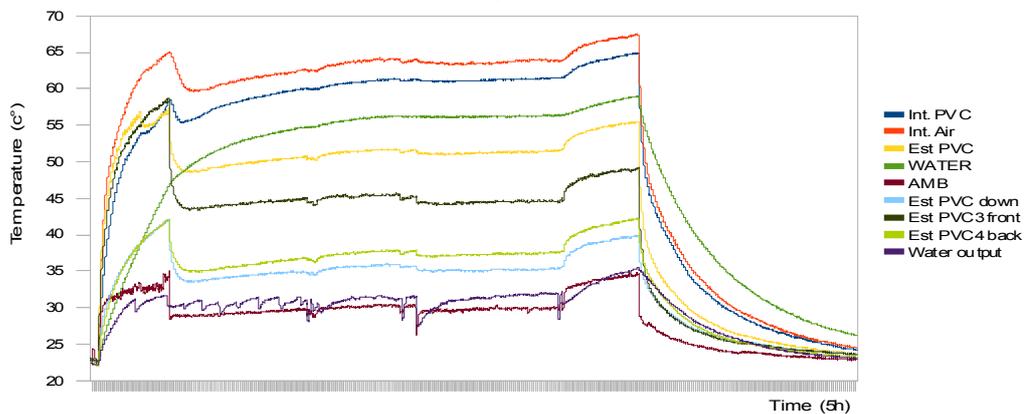
Temperature (c°)

exp. 12 high solar radiation 90%

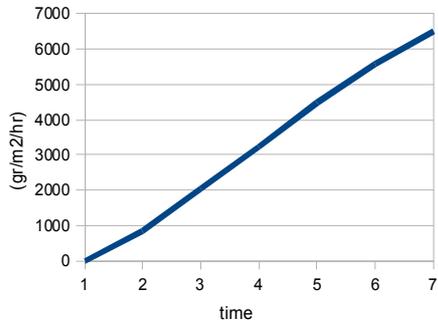


Temperatures (c°)

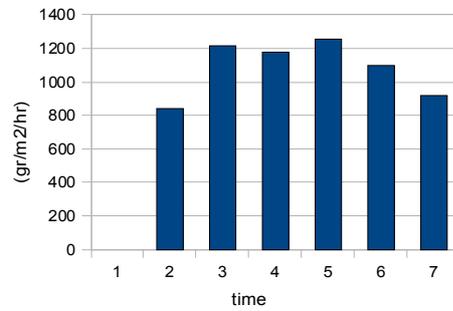
exp. 14. low radiation intensity 48%, no parabolic concentrator



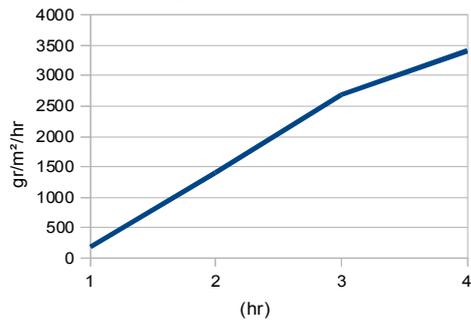
Water Output Cumulative Curve
exp. 8. high Solar Radiation



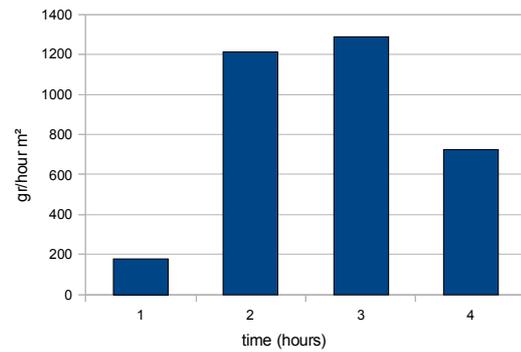
water output / hour
exp. 8. high solar radiation



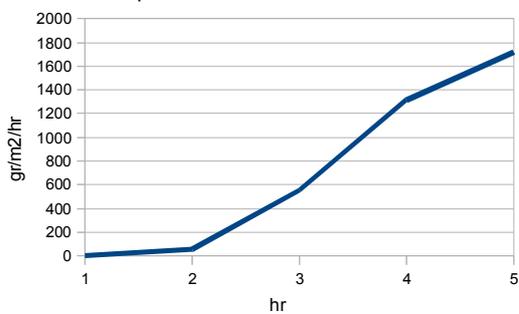
water output cumulative curve
exp. 12 high solar radiation 90%



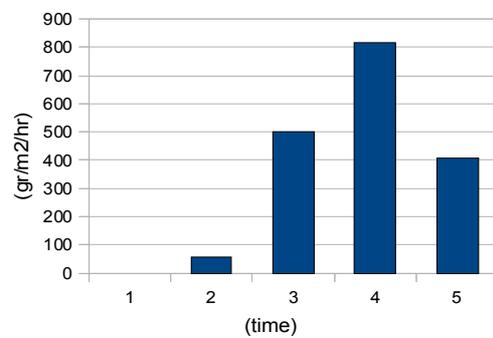
Water output /hour (gr/h m²)
exp 12



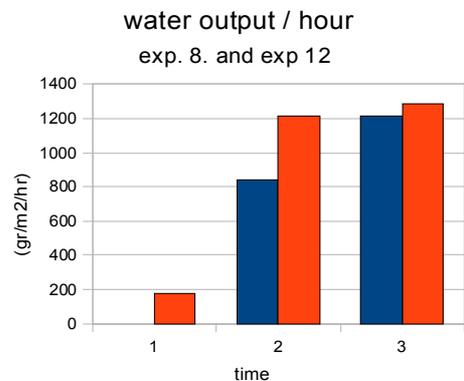
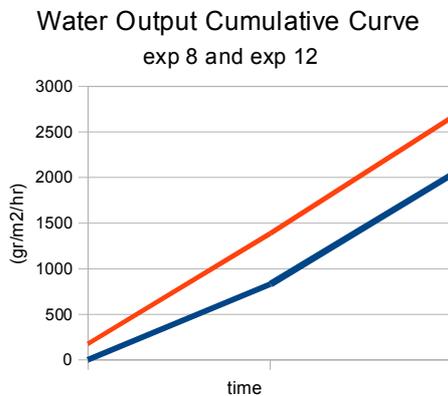
water output cumulative curve (gr/m2/hr)
exp.14 low solar radiation 49%



Water output
exp. 14 low solar radiation



I miglioramenti apportati dal Collettore solare parabolico



Valutazioni sui risultati ottenuti

Questo prototipo fornisce una certa quantità d'acqua distillata (dissalata) utilizzabile a scopo potabile o per diluire soluzioni con livelli di salinità troppo alti. Questo prototipo è adatto a situazioni d'emergenza o a condizioni di estrema crisi idrica come le zone desertiche o semi desertiche. La quantità d'acqua prodotta dal distillatore è strettamente legata alla condizione climatica, all'intensità di radiazione solare, alla durata dell'esposizione al sole, alla velocità del vento, alle temperature esterne ed alla temperatura dell'acqua in entrata.

Anche la differenza di temperatura tra la superficie interna del PVC di copertura e quella del vapore acqueo influenza la produzione del distillatore.

Dai test sulla conducibilità elettrica fatti si è osservato che l'acqua in uscita è completamente destalinizzata. L'applicazione di un semplice collettore solare parabolico aumenta l'efficienza del processo. E' stato osservato che inserendo acqua a temperatura ambiente, la differenza di temperatura tra l'acqua in entrata e quella in uscita è di circa 10°C quindi non si è preso in considerazione il recupero di calore da quest'acqua. E' stata osservata anche una produzione notturna di acqua distillata, che si aggiunge alla produzione diurna del distillatore. In conclusione questo prototipo di distillatore è ottimale per studiare il processo di distillazione all'interno dei TSS.

Questo studio può essere ampliato testando il TSS in diverse condizioni naturali e utilizzando diversi materiali per la realizzazione del TSS. A causa delle piccole dimensioni del prototipo la produzione di acqua distillata è limitata. Per un utilizzo pratico e per una migliore produzione giornaliera è opportuno aumentare le dimensioni lineari o connettere più TSS in serie.

9. Approfondimento sulle tecniche tradizionali di approvvigionamento idrico per le aree aride e desertiche: Khettara, Karez, Qanat

Il Sistema oasi

Come premessa ai sistemi di approvvigionamento idrico nelle zone aride va introdotto il concetto di oasi e spiegato il suo funzionamento.

L'Oasi è un'area di vegetazione tipica delle zone aride e delle aree desertiche che è vitale per la sopravvivenza delle comunità che vi si insediano. In generale si può definire un'oasi come un ecosistema organizzato in cui s'instaura un circuito virtuoso che mantiene il suo equilibrio.

Il sistema oasi è costituito da una stratificazione in tre livelli di tipologie vegetali derivanti dallo sviluppo di una pratica agricola stratificata:

- foraggio, henné e coltivazioni quali cereali, ortaggi (livello più basso);
- alberi da frutto (livello medio);
- palme (livello più alto);

Inoltre nella parte più esterna l'oasi è protetta dall'insabbiamento da altri vegetali che circondandola ne consentono l'isolamento. Solitamente arbusti o alberi poco idroesigenti come l'Acacia Radiana o alcune specie di jatropha.

Questi tre strati costituiscono l'oasi, un sistema auto catalitico in cui un iniziale apporto di condensazione e di umidità viene amplificato dall'installazione delle palme che producono ombra e attirano organismi formando humus. Il palmeto determina un microclima umido che si mantiene anche attraverso l'utilizzo di tecniche d'irrigazione tradizionali quali irrigazione per inondazione oppure Seguias, canalizzazioni superficiali ricavate nel terreno ad elevato tasso di evaporazione.

Le Oasi, poi, sono generalmente alimentate da sistemi di captazione ed approvvigionamento anch'essi di derivazione tradizionale Le Ketthara. Che descriveremo più avanti.

Per dare un'idea della fragilità del sistema oasi basta pensare alla tradizione comune a molte popolazioni delle oasi per cui ogni membro della comunità è responsabile di una o più palme che deve far crescere, curare e fortificare nel tempo.

Esistono tre tipi di oasi che si differenziano per collocazione climatica, ambientale

- Le Oasi di wadi che per svilupparsi utilizzano il grande alveo di un fiume fossile;
- Le Oasi di Erg che sono situate a ridosso delle dune del deserto di sabbia;
- Le Oasi di Sebka che sono realizzate intorno alla depressione di una grande superficie salina.

Le Oasi di wadi

Le oasi di wadi (fiume) appaiono come lunghe fasce di vegetazione incassate tra le profonde pareti scoscese di una vallata, nell'alveo fluviale. La loro collocazione è privilegiata rispetto agli altri due tipi di oasi. Infatti la vicinanza alle montagne e agli altipiani di rocce calcaree permette loro, spesso, di avere a disposizione un flusso di acqua

perenne (superficiale). Il palmeto è sito in tutto il letto del fiume, solo nella parte finale del corso d'acqua le palme cominciano ad essere meno fitte.

Il meccanismo che tiene in piedi una struttura così complessa (per via della consistenza del terreno che occupano, costituito per lo più da materiale sabbioso) è il seguente:

- Sbarramenti profondi perpendicolari al letto del corso d'acqua (*wadi o wed in Marocco*) bloccano i flussi sotterranei;
- Le sponde vengono irrigate grazie a terrazzamenti paralleli al corso stesso sfruttando la gravità;
- Quando il corso d'acqua è privo di scorrimento superficiale vengono realizzati dei canali sotterranei, che attraverso dei pozzi di collegamento in superficie permettono il sostentamento dell'oasi.

Le Oasi di erg (deserto di dune)

Le oasi di erg sono situate in un territorio molto più arido, il deserto di dune. Queste particolari forme di vegetazione per sopravvivere utilizzano le dune di sabbia come scudo protettivo, quindi ciò che potrebbe sembrare un problema si trasforma invece in una risorsa. Il metodo utilizzato è semplice: l'oasi si installa alla base di grandi dune e viene realizzato uno sbarramento intrecciando foglie di palme secche che circonda la zona dove vi sono le tende e le palme, proteggendola dal vento arido del deserto evitando l'insabbiamento.

Le Oasi di sebkha

Le oasi di sebkha occupano i bordi delle grandi depressioni saline e per sopravvivere utilizzano opere idrauliche tradizionali, ossia delle gallerie drenanti chiamate Kettara

Captazione e metodi di approvvigionamento idrico nelle oasi

Il metodo di captazione più utilizzato è costituito da gallerie drenanti sotterranee conosciute come Qanat o Khetara (in Marocco).

Tecnicamente si tratta di cunicoli sotterranei che, grazie ad una lieve pendenza, trasportano l'acqua per gravità, anche per chilometri, da un acquifero nel sottosuolo fino ad un bacino di raccolta in superficie .



Fig. 1 - Schema di funzionamento di una Khetara

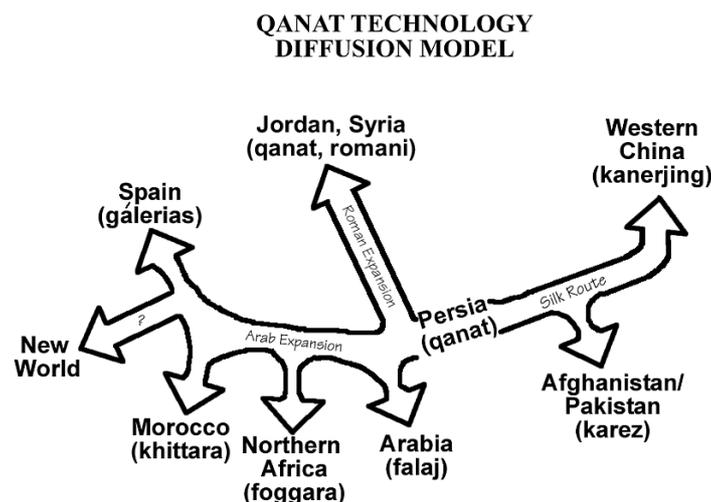
Lungo tutto lo sviluppo della Khetara si trovano, a distanze più o meno regolari, dei camini verticali che permettono di far uscire l'aria secca dal canale sotterraneo, tramite un effetto camino, in modo da mantenere un elevato grado di umidità e favorire l'accumulo

dell'acqua anche per condensazione. In questo modo viene garantito l'approvvigionamento idrico alla popolazione, la manutenzione e pulizia del canale sotterraneo per le quali si utilizza anche il cunicolo progettato in dimensioni accessibili all'uomo.

La sezione di uscita della Khettara è sempre in corrispondenza di un palmeto, quindi di un'oasi, in cui sono presenti le zone da coltivare. In corrispondenza della sezione di chiusura della Khettara si trova un bacino di stoccaggio accessibile alla popolazione.

Questo tipo di sistema di approvvigionamento idrico è considerato sostenibile dato che consente la ricarica naturale dell'acquifero sorgente poiché la disponibilità di acqua è regolata dal quantitativo presente. Inoltre le Khettara permettono di ridurre le perdite per evaporazione, non richiedono energia per l'estrazione dell'acqua, non modificano i sistemi d'irrigazione tradizionali. Proprio per queste caratteristiche che le rendono sistemi efficienti ed economici di approvvigionamento, negli ultimi anni si è assistito ad un proliferare di progetti mirati alla riabilitazione di questi sistemi.

I sistemi di captazione dell'acqua come le Khettara hanno origini molto antiche risalenti alla Persia e, successivamente, sono stati tramandati in tutta l'area che va dal Mediterraneo alla Cina. Sistemi simili alle **Khettaras** marocchine, secondo il paese, vengono chiamati con nomi differenti. In Iran, Siria e Giordania, prendono il nome di **qan t**, in Afghanistan, Pakistan, Iran e Asia Centrale, k r z (o k r z dal Persiano) o kahan (dal Persiano), negli Emirati Arabi **falaj**, nel Nord Africa solitamente **foggara/fughara**. Vi sono esempi di questi sistemi anche a Madrid in Spagna e a Palermo in Sicilia.



Tuttavia, ci sono delle lievi differenze per i metodi di realizzazione e per come i canali drenanti intercettano la risorsa idrica, in particolare si descrivono quelle tra le Keththara diffuse in Marocco e le Foggara di piu' diffuse in Algeria.

Sia le Khettara che le Foggara sono gallerie drenanti che intercettano la falda sotterranea superficialmente e sfruttano la condensazione dell'aria umida. A differenza delle Foggara le Khettara posso anche intercettare corsi d'acqua superficiali. Così facendo quando piove ed il livello del corso d'acqua cresce, parte della portata viene deviata verso queste gallerie per poi venire in parte rilasciata a valle ed in parte assorbita dal terreno arricchendo le falde freatiche. Un'altra differenza è data dal fatto che le Foggara solitamente vengono costruite partendo dall'oasi per allontanarsi nella direzione della risorsa idrica, mentre le Khettara seguono il percorso inverso. Entrambe queste tecniche di approvvigionamento hanno la caratteristica di non depauperare le falde idriche sotterranee e quindi non provocarne l'abbassamento. Per quanto concerne alla portata media che può essere fornita, essa varia con il regime della falda e quindi il valore che si può attribuire ad un Khettara è direttamente correlato al volume d'acqua che contiene l'invaso, alla qualità dell'acqua e alla regolarità del flusso d'acqua.

Una tecnica sostenibile di approvvigionamento idrico nata in Persia migliaia di anni fa.

Il sistema idrico dei canali drenanti, indicati come Khetarra o Qanat rispettivamente nei paesi dell'Africa del nord e in Medio Oriente, costituisce una particolare tecnologia di sfruttamento delle risorse idriche delle regioni semiaride e desertiche, sviluppatasi già in epoca antica.

Sin dall'epoca Sumerica, probabilmente proprio ai piedi dell'altopiano dell'Iran, comparvero le prime opere di captazione delle acque sotterranee sotto forma di gallerie drenanti: individuata la presenza di acqua nel sottosuolo si procedeva a costruire cunicoli che seguivano la vena acquifera nel ventre della montagna. Più gallerie si costruivano e maggiore era la portata che esse potevano raccogliere e concentrare in un punto del sottosuolo, dal quale poi si dipartivano una o più linee, sempre in gallerie sotterranee, della lunghezza a volte di centinaia di chilometri.

Questo sistema si sviluppò gradualmente nel corso di millenni, soprattutto nell'Asia medio-orientale ed in Africa settentrionale, sino a costituire immense reti di canalizzazioni sotterranee, spesso di lunghezza complessiva di migliaia di chilometri per ogni area servita.

La rete sotterranea, raccolte tutte le infiltrazioni d'acqua, sia in forma di flussi consistenti o gocce stillanti per filtrazione o condensazione, procedeva nella pianura che, digradandosi, provocava l'avvicinamento dell'acqua alla superficie. Questo processo non necessitava di alcun sollevamento meccanico ed è proprio questo il motivo per cui verrà analizzato in seguito in maniera più approfondita in quanto in esso risiede una delle caratteristiche principali di queste strutture.

Lo sgorgare delle acque, oppure il sollevamento finale per modeste altezze portava alla nascita di una città o di un'oasi in pieno deserto. Gli obiettivi principali che portarono alla costruzione e alla diffusione di queste gallerie sotterranee sono stati, in primo luogo, la necessità di fornire acqua potabile e in secondo luogo, la grande richiesta di questa risorsa per l'agricoltura. La disponibilità di acqua ha prodotto prosperità sia dal punto di vista sociale che economico come dimostra il fatto che queste gallerie sono in gran parte scavate in luoghi dove non c'è acqua permanente ed affidabile sulla superficie ma che sono diventati però luoghi di vita. Il sistema gallerie consentiva, come ancor oggi in parte consente, di inseguire nel sottosuolo, spesso di dura roccia, la presenza delle acque giunte sino in quel punto da infiltrazioni originatesi dalle piogge su rilievi montuosi assai distanti, sia nello spazio che nel tempo. I percorsi di ogni singola galleria potevano superare i cento chilometri e, evidentemente, non poteva essere priva di pozzi intermedi, per consentire l'accesso, lo scarico del materiale di scavo e la ventilazione, distanziati non più di cinque/dieci chilometri, ma a volte anche molto più ravvicinati fino a 10 metri.



Ancor oggi questi pozzi sono ben visibili nelle zone aride, presentandosi come cumuli allineati di detriti, risultato dell'escavazione risalente anche a tre/quattro millenni fa.

Il sistema delle Khettara, una volta realizzato, poteva funzionare, come ancor oggi funziona, per secoli quasi senza manutenzione, se non intervenivano crolli. La continuità di funzionamento dei cunicoli in alcuni casi è riconducibile alla manutenzione degli stessi, effettuata spontaneamente dalle persone che ne utilizzano l'acqua: non solo quindi molti dei cunicoli individuati continuano a servire allo scopo originario, ma la loro utilità è spontaneamente riconosciuta e valorizzata, contribuendo così al mantenimento di alcuni punti fissi dell'assetto paesaggistico.

Su questo argomento, copiosa è la documentazione della civiltà islamica. Scritto intorno all'anno 1000 d.C., il trattato "Inb t al-miy t al-h fiya" ("Sul modo di scoprire le acque nascoste"), redatto da al-Karā , contiene dettagliate istruzioni per la costruzione delle Khettara: individuazione della vena d'acqua, calcolo delle pendenze, scavo di pozzi e gallerie, tecnologia dei rivestimenti, utilizzo degli strumenti di misura. Dal testo apprendiamo che in quel tempo ed in quella civiltà, la costruzione era affidata ad un vero e proprio corpo di tecnici esperti, detti Muqann , in grado di risolvere il problema principale: fissato il punto di arrivo ed individuata la presenza dell'acqua, bisognava calcolare la corretta direzione e pendenza per collegare i due punti, a volte distanti centinaia di chilometri.

Ad oggi si stima che le Khettara, nel solo Iran, abbiano un'estensione di 16000 Km; ancor oggi la sola città di Teheran è servita da trentasei Khettara (Qanat), provenienti dalle falde del monte Elburz, lontane mediamente 20 chilometri, in grado di assicurare una portata che oscilla, a seconda delle stagioni, tra i 15000 ed i 30000 metri cubi al giorno..

Le gallerie drenanti costituiscono un sistema valido e sostenibile per la captazione idrica, una soluzione ricca di significati che è alla base dell'approvvigionamento idrico per numerose popolazioni nelle regioni aride del mondo.

L'importanza di questi sistemi è dunque di duplice natura, essendo essi tanto una straordinaria testimonianza del passato, quanto una valida risposta alle estremizzazioni climatiche conseguenti al riscaldamento globale ed ai processi di desertificazione.

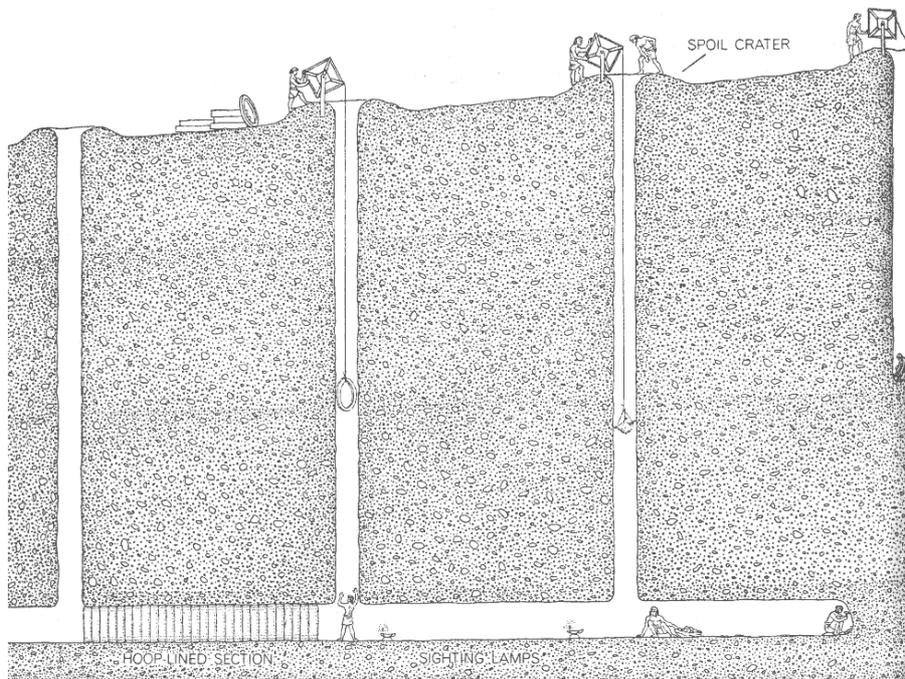
Progettazione di una khattara

Grazie ad antichi scrittori, conosciamo in modo eccellente le tecniche utilizzate dai primi costruttori di Khettara o Qanat. In un libro è stato di recente scoperto che Mohammed Karaji, uno studioso persiano del 10 ° secolo dC, ha scritto un intero capitolo sulla costruzione delle Khettara. Le tecniche che descrive sono fondamentalmente le stesse di quelle praticate oggi, undici secoli dopo.

Le gallerie dei Khettara sono state scavate a mano da un gruppo di operai specializzati, chiamati muqann s, il diametro della galleria era appena sufficiente per contenere la persona che stava lavorando allo scavo.

Se il terreno è stabile e compatto, nessun rivestimento è necessario per il tunnel. In terra smossa e incoerente invece, anelli di rinforzo vengono installati a intervalli nel tunnel per evitare crolli. Questi anelli sono di solito fatti di argilla bruciata.

Lungo l'estensione di un Khettara, che può essere anche di diversi chilometri, vengono scavati dei pozzi che collegano il tunnel alla superficie in media a intervalli di 20 a 30 metri, per rimuovere il materiale scavato e per garantire la ventilazione e l'accesso per le riparazioni, questi pozzi verticali hanno solitamente un diametro di circa 0,7-1,0 metri e sono rafforzati nella loro parte superiore con un rivestimento in mattoni o fango.



Il primo grande passo nella progettazione di un Khettara è l'identificazione di una fonte appropriata di acqua e quindi di una falda freatica in grado di garantire la richiesta di acqua. È dunque necessario che in primo luogo si applichino degli studi di tipo idrogeologico per poter conoscere al meglio la risorsa idrica.

Occorre individuare la superficie piezometrica della falda e la disponibilità d'acqua presente nell'invaso. Bisogna determinare se è disponibile un flusso sufficiente per giustificare la costruzione della Khettara e quantificare la portata a cui si può attingere, garantendo comunque il processo di ricarica naturale di cui necessita la falda.

Lo studio delle carte piezometriche diventa quindi un elemento centrale che fornisce informazioni di ovvia importanza come:

- la morfologia della superficie piezometrica che permette di stabilire in che misura l'acquifero è favorevole ad impianti di captazione

- La profondità a cui si trova l'acqua
- Il comportamento idrodinamico dell'acquifero
- Lo spessore della falda in ogni punto e il volume del serbatoio sotterraneo
- La portata della falda, e cioè il volume d'acqua che attraversa nell'unità di tempo una sezione trasversale dell'acquifero.

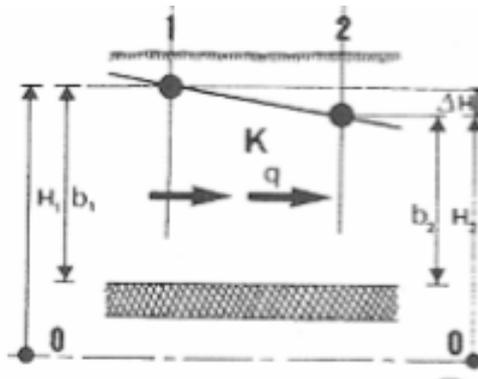
La portata Q della falda è facilmente calcolabile con l'espressione:

$$Q = K \frac{b_1 - b_2}{2} L \frac{\Delta H}{\Delta x} \quad [m^3 / s]$$

Nella figura che segue viene mostrata la portata in transito valutata in funzione del livello in due sezioni di una Khetara.

dove :

- H = differenza di carico tra le sezioni 1 e 2 [m]
- x = lunghezza del percorso tra le sezioni 1 e 2 [m]
- b_1 = altezza piezometrica sezione 1 [m]
- b_2 = altezza piezometrica sezione 2 [m]
- k = conducibilità idraulica [m²/s]



Un'altro studio importante che è bene fare durante la fase di progettazione è quello relativo all'analisi dei dati pluviometrici che permettono di verificare quanto la falda possa contare su una ricarica proveniente dalle precipitazioni.

Considerando il fatto che questi paesi sono caratterizzati da un clima arido e secco e considerando il continuo mutare delle condizioni climatiche dovute al surriscaldamento globale le precipitazioni sono a dir poco scarse ed infatti bisogna valutare con attenzione il punto in cui si decide di attingere dalla falda. È per questo che vengono predilette zone situate negli altopiani per quanto riguarda la realizzazione della fase iniziale di una Khetara ovvero quella parte che attinge acqua dalla falda.

Sebbene i metodi di costruzione siano semplici, la realizzazione di una Khattara richiede una comprensione dettagliata della geologia sotterranea e una buona conoscenza della ingegneria idraulica. Il calcolo delle pendenze è infatti molto importante in quanto una pendenza elevata produce un flusso troppo veloce, potenzialmente in grado di provocare una erosione eccessiva che può causare il crollo della galleria. Nel più breve delle Khattaras il gradiente verso il basso varia tra 1:1000 e 1:1500, mentre nelle Khattara di lunga estensione il gradiente può essere quasi orizzontale, con pendenze molto contenute.

Un altro aspetto importante per la realizzazione di una Khattara riguarda lo studio sulla sua lunghezza, la quale in un qualsiasi sistema dipende fondamentalmente dalla pendenza della superficie del terreno e dalle rispettive profondità e inclinazione della falda freatica. In generale, si scopre che le Khattara di lunghezza breve sono particolarmente presenti in aree costituite da depositi alluvionali a forte pendenza, come ad esempio ai piedi delle montagne, mentre queste stesse strutture tendono ad essere molto lunghe in quelle zone desertiche dove l'inclinazione del terreno è minima.

Per quanto riguarda invece la profondità del pozzo principale attraverso il quale l'intero sistema della galleria può drenare acqua dalla falda sottostante e il quale ci dà anche un'indicazione approssimativa della profondità della falda freatica in qualsiasi zona, bisogna fare riferimento agli studi idrogeologici prima esposti. Si necessita infatti una ampia conoscenza del livello della falda nell'intera zona per poter meglio dedurre e progettare la profondità del pozzo in modo da garantire una portata il più possibile continua e uno sviluppo sostenibile della risorsa senza alterarne il ciclo vitale. Ovviamente la parte della galleria che drena l'acqua della falda al tunnel deve essere situata al di sotto della superficie piezometrica. Questa parte del Khattara composta dal pozzo principale e dalla sua base deve essere il più basso possibile in modo da formare uno scarico d'acqua ragionevole e affidabile, e una superficie di presa in una posizione comoda.

Un Khattara viene quindi giudicato in base alla quantità di acqua che è in grado di prelevare dalla falda e in base alla sua capacità di trasportarla a destinazione. Il primo fattore dipende esclusivamente dalla capacità produttiva della falda acquifera mentre il secondo dipende invece dalla lunghezza della sezione della Khattara addetta al trasporto dell'acqua.



La maggior parte delle Khattara mostrano come ci sia il massimo attingimento dalla falda durante la stagione primaverile, soprattutto nel periodo che va da febbraio a maggio e per contro gli scarichi minimi in autunno, nei mesi di settembre e ottobre. La velocità del flusso d'acqua in un Khatterra è controllata dal livello della falda acquifera sotterranea. Quindi un Khattara non può causare un eccessivo abbassamento del livello di falda in quanto la sua portata varia direttamente con l'alimentazione idrica del sottosuolo, è questo uno degli aspetti più significativi che rappresentano la sostenibilità di queste strutture, che verrà trattato nel paragrafo seguente.



VANTAGGI E SVANTAGGI

Ricordiamo qui i vantaggi multipli di questa tecnica e che spiegano la sua adozione e diffusione su larga scala in tutti questi paesi:

- In una regione caratterizzata da deboli precipitazioni annuali (meno di 300 mm. all'anno) la tecnica delle Khettara ha permesso di sfruttare le falde sotterranee e di portare l'acqua in superficie per i differenti usi (agricoli e non agricoli);
- grazie al ritardo dell'infiltrazione, il massimo dei flussi coincide spesso con la stagione secca, quando il bisogno d'acqua è maggiore;
- La regolazione del livello della falda freatica mediante una utilizzazione che segue la corrente;
- La disponibilità d'acqua pura e potabile con una temperatura ideale, fresca d'estate e tiepida d'inverno;
- Stabilizzazione della popolazione nomade nei pressi delle canalizzazioni;
- Sviluppo della solidarietà nella gestione collettiva dell'acqua;
- Contributo alla conservazione delle specie acquatiche;
- Mantenimento dei paesaggi caratteristici del palmeto e dei giardini di periferia della città.
- Riduzione delle perdite per evaporazione, dato che la condotta è sotterranea;
- Risparmio energetico. La Khettara trasporta l'acqua per gravità, questo significa che per funzionare non necessita di pompe, né di alcun tipo di energia;
- Sostenibilità. La Ketthara è un sistema sostenibile da un punto di vista ambientale: essa non sovra-sfrutta la falda perché è il livello stesso della falda che regola la portata estratta dalla Khettara.

Quest'ultimo fattore è quello di maggiore importanza perché, particolarmente contesti in cui non c'è una conoscenza approfondita di come sia strutturato il sistema sotterraneo a livello idrogeologico e di come funzioni il ciclo idrogeologico, questo sistema di approvvigionamento idrico è in grado di autoregolarsi e quindi rendere disponibile solo l'acqua che il sistema è in grado di generare senza sfruttare eccessivamente la risorsa e quindi creare dei grossi problemi a lungo termine per la popolazione che la utilizza.

10. Caso studio 1: “Dal Deserto all’Oceano”

Progetto di gestione delle risorse idriche per sette oasi nelle vicinanze di Fom Zguid, nel sud del Marocco.

Sintesi

Il primo caso studio riportato consiste in un progetto per l'approvvigionamento idrico e la depurazione delle acque per sette oasi localizzate nell'area a Nord di Fom Zguid nel sud del Marocco alle porte del Sahara. Inoltre per una delle oasi, quella di Smira, è stato anche supervisionato un progetto di elettrificazione rurale tramite un'impianto fotovoltaico stand alone. A questo progetto si è preso parte attivamente collaborando con associazioni locali Marocchine e associazioni Italiane coinvolte nel progetto “dal deserto all’oceano” finanziato dalla Regione Emilia Romagna”.

Questo caso studio è stato oggetto d'indagine anche da parte di 4 laureandi, A. Cutrupi, C. Corapi, C. Proni, Ing. F. Pietroni. in Ingegneria Ambientale e gestionale, per cui si è svolto il ruolo di correlatore della tesi di laurea. Gli studenti hanno contribuito al progetto sotto vari aspetti.

E' stato svolto un lavoro di ricerca sul campo con due missioni conoscitive, una nel mese di novembre 2009 e una ad aprile 2010.

E' stata svolta un'analisi del territorio e degli effetti dovuti alla progressiva desertificazione dell'area. Inoltre è stato effettuato uno studio della qualità dell'acqua disponibile nell'area che ha prodotto un report d'urgenza che è stato distribuito ai responsabili delle associazioni locali per informarli sulle scarse caratteristiche di potabilità riscontrate in alcune aree. Sono state individuate tecnologie appropriate sia per l'approvvigionamento idrico che la potabilizzazione delle acque. Per quanto riguarda la potabilizzazione delle acque è stata valutata la possibilità di utilizzare dei distillatori solari e in seguito è stato sviluppato il prototipo descritto nei capitoli precedenti. Per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico è stato fatto uno studio sui costi-benefici ponendo a confronto due possibili soluzioni ed è stata considerata la possibilità di ripristinare una Ketterah in disuso presente nell'area d'indagine.



Illustration 1: Foto dell'oasi di Smira. Soggetta a desertificazione

Progetto di Cooperazione decentrata Dal Deserto all'Oceano

Lo studio di valutazione della qualità delle acque e delle infrastrutture per l'approvvigionamento idrico presenti nel territorio di Fom Zguid, qui riportato, si inserisce in un quadro piu' grande, quello del progetto di cooperazione decentrata "Dal deserto all'oceano". Il progetto è stato finanziato dalla Regione Emilia Romagna e promosso dall'associazione Italo-Marocchina "Sopra i Ponti", in collaborazione con il dipartimento DICAM dell'Università di Bologna e altre associazioni marocchine ed italiane. L'obbiettivi del progetto è quello di intervenire nell'area di tre comuni rurali (Fom Zguid, Akka, Aglou) promuovendone lo *sviluppo integrato* nei seguenti settori:

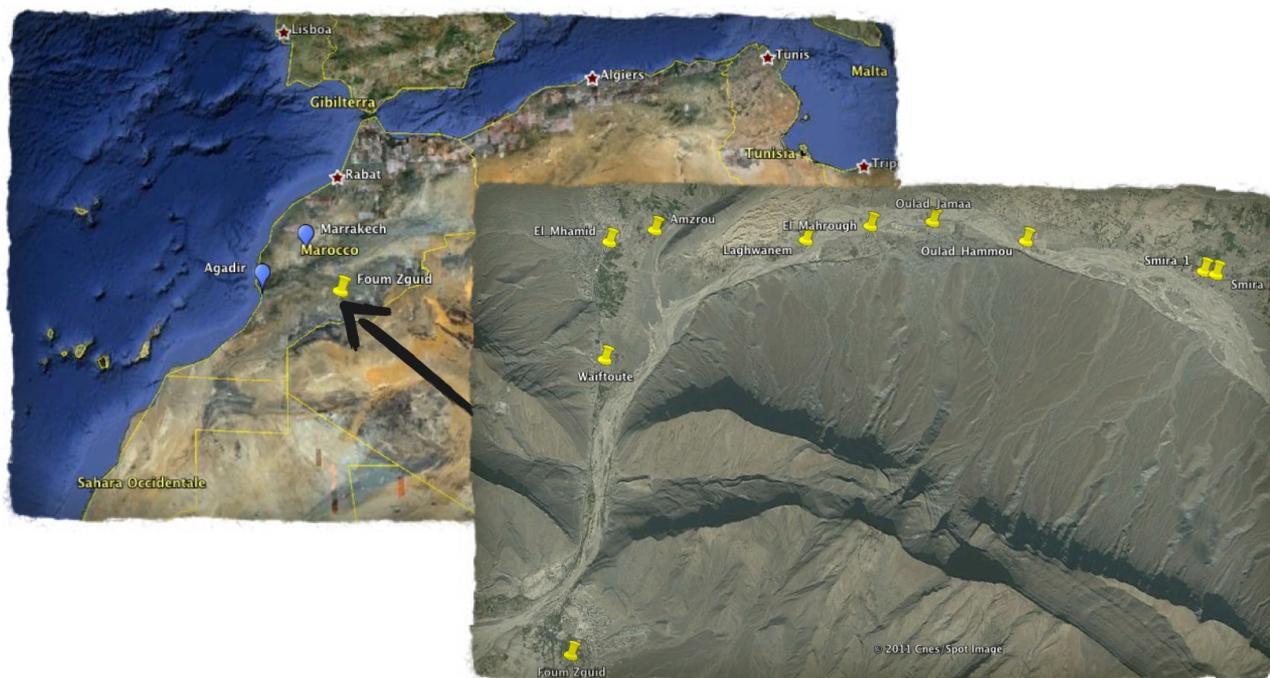
- accesso risorse idriche: indagine di esperti ambientali sulla situazione idrica particolarmente critica di Fom Zguid finalizzata ad interventi progettuali di medio periodo;
- sviluppo attività economiche di forma cooperativa: sostegno alle piccole cooperative femminili del settore tessile di produzione dei tappeti e agroalimentare di lavorazione dei frutti della pianta autoctona di Argan e produzione di olio, cosmetico e alimentare, dagli stessi;
- rafforzamento forme associative locali: azioni specifiche di capacity building e creazione di sinergie di rete tra le associazioni di villaggio;
- turismo sostenibile: azioni (adeguamento 2 strutture ricettive e formazione alberghiera) propedeutiche allo sviluppo di un programma di eco-turismo rurale appoggiato alle associazioni di villaggio;
- co-sviluppo con il coinvolgimento delle comunità immigrate sul territorio regionale: collaborazione con gli emigranti dei villaggi coinvolti residenti nelle province di Bologna, Ferrara, Modena, Firenze, che avranno un ruolo nella realizzazione;
- coinvolgimento delle donne attraverso azioni di sostegno alla micro-impresa femminile che promuovano il ruolo sociale delle donne come produttrici di reddito e attrici del processo di democratizzazione della società rurale.

Il progetto che verrà approfondito sarà legato al primo degli obbiettivi indicati, ovvero l'accesso alle risorse idriche e verrà affrontato basandosi sulle buone pratiche e le tecnologie appropriate, mantenendo un'approccio site specific (S3A).



Area d'intervento

L'area d'intervento del progetto si trova nelle vicinanze del comune rurale di Foug Zguid (Provincia di Tata), nella regione arida dell'Anti Atlante, alle porte del deserto. L'area è caratterizzata da insediamenti (douars) sorti in corrispondenza delle oasi e da un estremo isolamento che, storicamente, ha incentivato la nascita di un forte tessuto associativo che da sempre autogestisce le scarse risorse del territorio e garantisce una forte solidarietà e coesione interna. In particolare il territorio di Foug Zguid oggi è colpito da una severa crisi idrica che minaccia la disponibilità di acqua potabile per diversi villaggi e causa un preoccupante declino dell'oasi da cui i villaggi traggono sostentamento.



Oasi a nord di Foug Zguid:

L'oasi a nord di Foug Zguid è abitata da circa 4000 persone, la popolazione è distribuita a macchia di leopardo in tutta l'area che costeggia il letto ormai arido di un corso d'acqua. La popolazione abita case realizzate con metodi tradizionali, costruite in terra cruda. Questa tecnica, consiste nel realizzare un impasto di terra argillosa ed acqua che viene compattato strato dopo strato per realizzare le murature portanti. Come copertura, in Marocco, spesso vengono usati i rami secchi delle palme. (La tecnica delle costruzioni in terra cruda si è diffusa anche in molte zone del mondo occidentale come pratica costruttiva sostenibile e di bioarchitettura).

Fino al 2004 l'oasi di Foug Zguid era rigogliosa, godeva di un grande palmeto composto da palme da dattero. Un forte periodo di



siccità ha causato la morte dell'intero palmeto. La mancanza dei nutrienti necessari al sostentamento delle piante ha provocato la presenza, in quasi tutti gli esemplari di palme, di un fungo che ne provoca la morte definitiva. Molti cittadini dell'oasi, vivendo di commercio di datteri, sono rimasti senza fonti di sostentamento e sono stati costretti ad emigrare o verso le altre città del Marocco, come Marrakesh, Casablanca ed Agadir oppure verso l'Europa, prevalentemente Francia e Italia.

Ogni Douar (quartiere o zona abitativa), che nasce intorno ad un oasi ha una sua associazione con un portavoce. I portavoce confluiscono nell'Unione dei douar che è l'associazione dove si discute degli interessi comuni a tutti i quartieri. Il tema dell'acqua ovviamente è uno dei temi centrali per l'unione dei douar. Ogni douar nasce intorno a una sorgente d'acqua o a un pozzo per l'approvvigionamento idrico "potabile". Il pozzo è vitale per l'esistenza di tutto il sistema oasi. Ogni douar elegge un responsabile per il controllo il mantenimento del pozzo. Inoltre nell'area sono presenti pozzi privati per l'irrigazione dei campi e per l'allevamento. I pozzi privati in genere vengono ereditati di padre in figlio. Le coltivazioni di prodotti alimentari sono poche e poco varie. Molti campi vengono utilizzati per la coltivazione di hennè.



Illustration 2: produzione di Henne

Contesto geografico e climatico.

L'Area d'indagine si estende a nord del paese Foug Zguid, sud del Marocco.

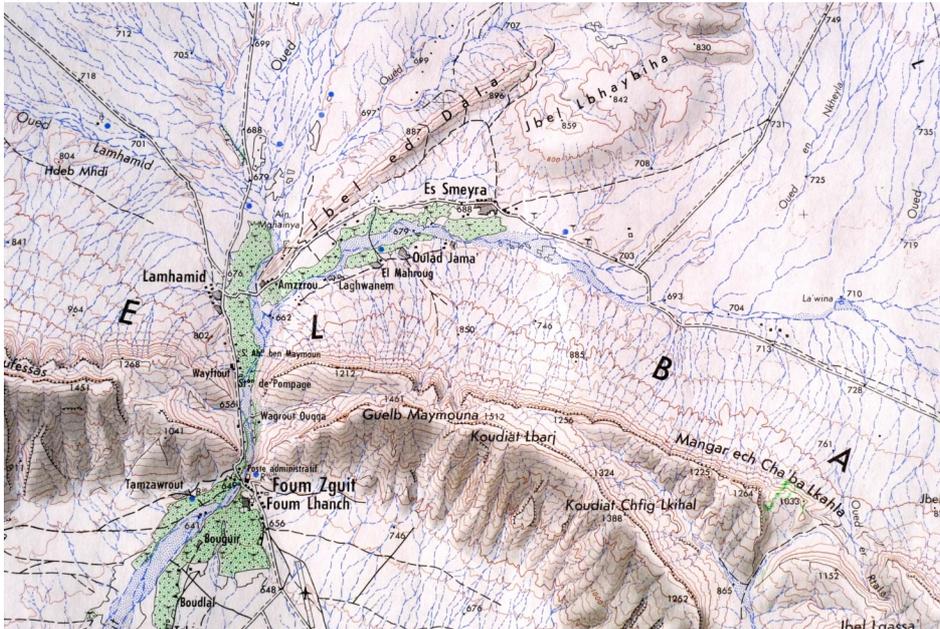


Figura Particolare di Carta geologica dell'area

Densità dell'abitato.

Senza dubbio ci troviamo in un'area rurale desertica con bassissima densità abitativa.

In questa area esistono 7 Oasi o meglio "douar" quartieri che si estendono in un bacino idrologico delimitato da due rilievi montuosi ben visibili nella carta qui riportata. Queste oasi contano circa 6 000 abitanti nel complesso, ognuna di esse ha un numero variabile di abitanti che va da 200 a quasi 2000 per l'Oasi di Es Smira, la più grande tra le sette.

L'area d'indagine estesa a nord del comune di Foug Zguid è caratterizzata dalla presenza di 7 Oasi o meglio "Douar", agglomerati rurali che nel loro complesso contano più di 6000

abitanti:

Douar	Popolazione
Es Smira	1863
Oulad Hammou	149
Oulad Jamaa	714
El Mahrough	325
Laghwanem	529
Amzrou	541
Ouiftout	400
Totale	4593

Caratteristiche idrologiche, idrogeologiche e idrauliche.

Le informazioni a disposizione di carattere geologico e idrogeologico dell'area purtroppo sono molto limitate. Sia per la mancanza di carte geologiche dettagliate sia per il fatto che l'area d'intervento essendo di confine (Marocco-Algeria) è zona militare e le autorità non rilasciano facilmente informazioni sul territorio.

La situazione nel comune di Foum Zguid

Tutti gli studi idrologici dell'area sono stati condotti nell'abitata di Foum Zguid dove risiedono circa 11000 persone e non per le aree dei Douar, dove risiedono 4000 persone, che si trovano sensibilmente a nord di quest'area.

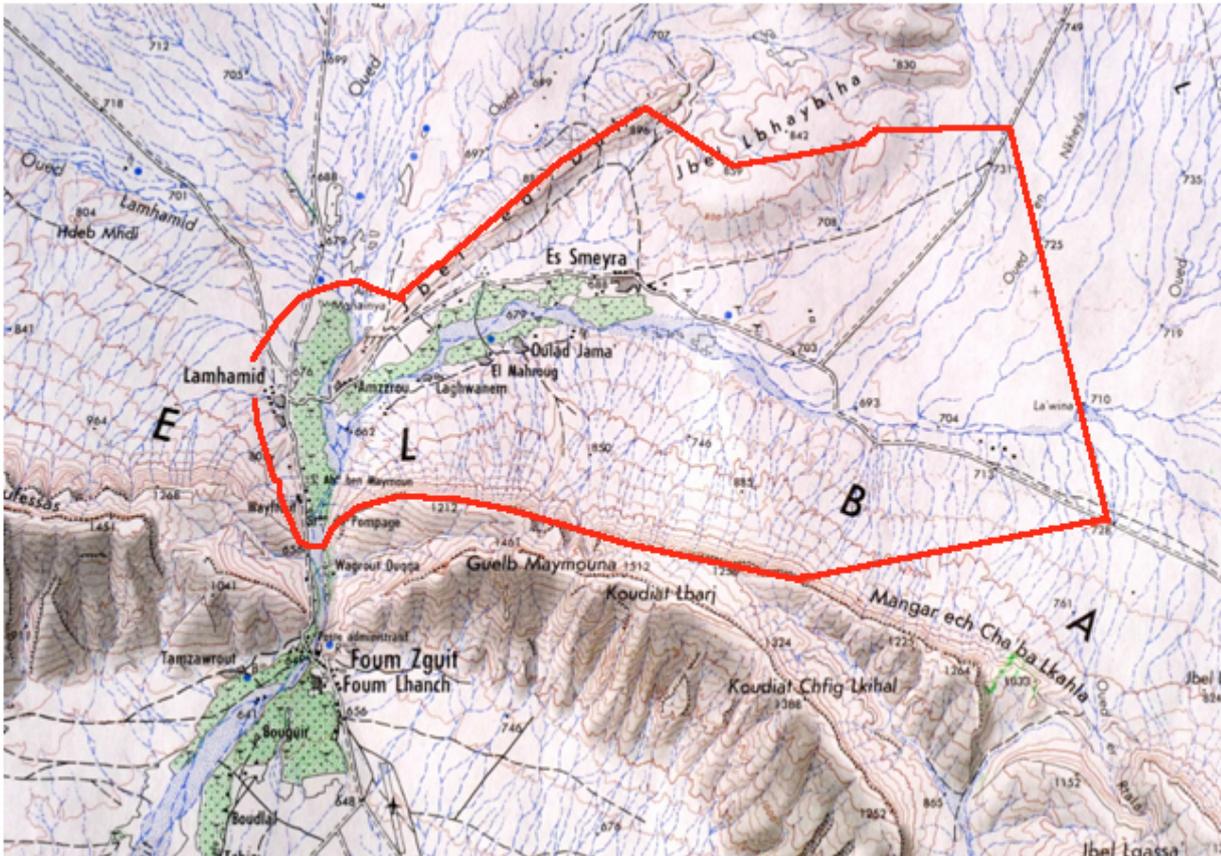
Nel 2000, l'area di Foum Zguid ha ricevuto parecchie attenzioni per quanto riguarda la costruzione di strutture per l'approvvigionamento idrico. Nello stesso anno vengono realizzati decine e decine di foraggi.

Anche nel 2004 è stato effettuato un check up della zona. I primi sondaggi effettuati risalgono al Febbraio 2004, che ha coperto l'intera area del centro di Foum Zguid, la feija tra Alougoum e Zguid e il settore di Nsoula. Sono state inventariate una sessantina di stazioni di pompaggio nelle quali sono stati analizzati i sistemi utilizzati per il pompaggio dell'acqua e le tecniche utilizzate per l'irrigazione e la coltivazione. L'inchiesta ha anche rilevato la profondità dei pozzi e le caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua come temperatura e conduttività elettrica, parametro importante per rilevare la presenza di sale nelle acque.

In generale nell'area si nota una differente quantità della risorsa in corrispondenza degli acquiferi alluvionali, in alcuni punti si è arrivati ad un flusso di 7.5 l/s per un abbassamento di 1.20 m. Mentre nelle formazioni quaternarie i flussi sono piuttosto scarsi, di qualche l/s. Per questo motivo in queste aree si è dovuto ricorrere a installazioni di stoccaggio quali bacini di raccolta molto estesi, anche più di 400 m². Queste strutture cercano di ovviare a questa carenza anche se c'è il fattore evaporazione che interviene negativamente.

Nel centro di Foum Zguid, dal 1991, l'approvvigionamento idrico è assicurato dall'ONEP, un organismo privato, che però non copre l'area dei douars di nostro interesse. La domanda di acqua totale in tutto il centro è stimata di 582 m³/g per una popolazione servita di 11 mila abitanti. La stazione di pompaggio che soddisfa la zona è costituita da due pozzi che attraverso due serbatoi di volume totale di 325 m³ assicurano lo stoccaggio e la distribuzione. La capacità di produzione annuale varia da 7 a 10 l/s; durante l'anno 2000 la capacità di produzione ha passato un periodo in cui è scesa drasticamente da 10 l/s a 2 l/s per poi ristabilirsi nuovamente al valore di 7 l/s.

La situazione nell'area dei Douar



La zona indicata con il colore rosso in figura, rappresenta la vera a propria area su cui si è intervenuti. Essa è distinguibile come bacino idrologico delimitato da due rilievi montuosi ben visibili nella carta.

Questa unica carta geologica disponibile, però, risale al 1968, quindi non la si può considerare del tutto affidabile poiché la situazione idrogeologica attuale risulta essere differente da quella indicata. In essa, infatti, sono riportati corsi d'acqua che, attualmente, risultano essere inesistenti dato che, come si è potuto riscontrare direttamente, non sono presenti affioramenti dell'acquifero in superficie.

Il sopralluogo effettuato nel mese di Novembre 2009 ha messo in evidenza la presenza di un corpo alluvionale fluviale sabbioso-argilloso e sabbioso-ghiaioso che appare arido in superficie. Si tratta del letto dell'"Oued Zguid", cioè il corso d'acqua che interessa l'area dell'oasi di Es Smira e dei douars limitrofi e che dovrebbe transitare appena al di fuori dell'area abitata del centro Foug Zguid.

In realtà, però, negli ultimi quindici anni si è progressivamente prosciugato e non presenta acqua in superficie per la maggior parte dell'anno se non nei periodi in cui si manifestano le precipitazioni.

Durante questi periodi il letto del fiume si riempie e, mancando di infrastrutture per la regimentazione delle portate, esonda creando dei grossi danni alla popolazione.



Figura Letto del fiume secco

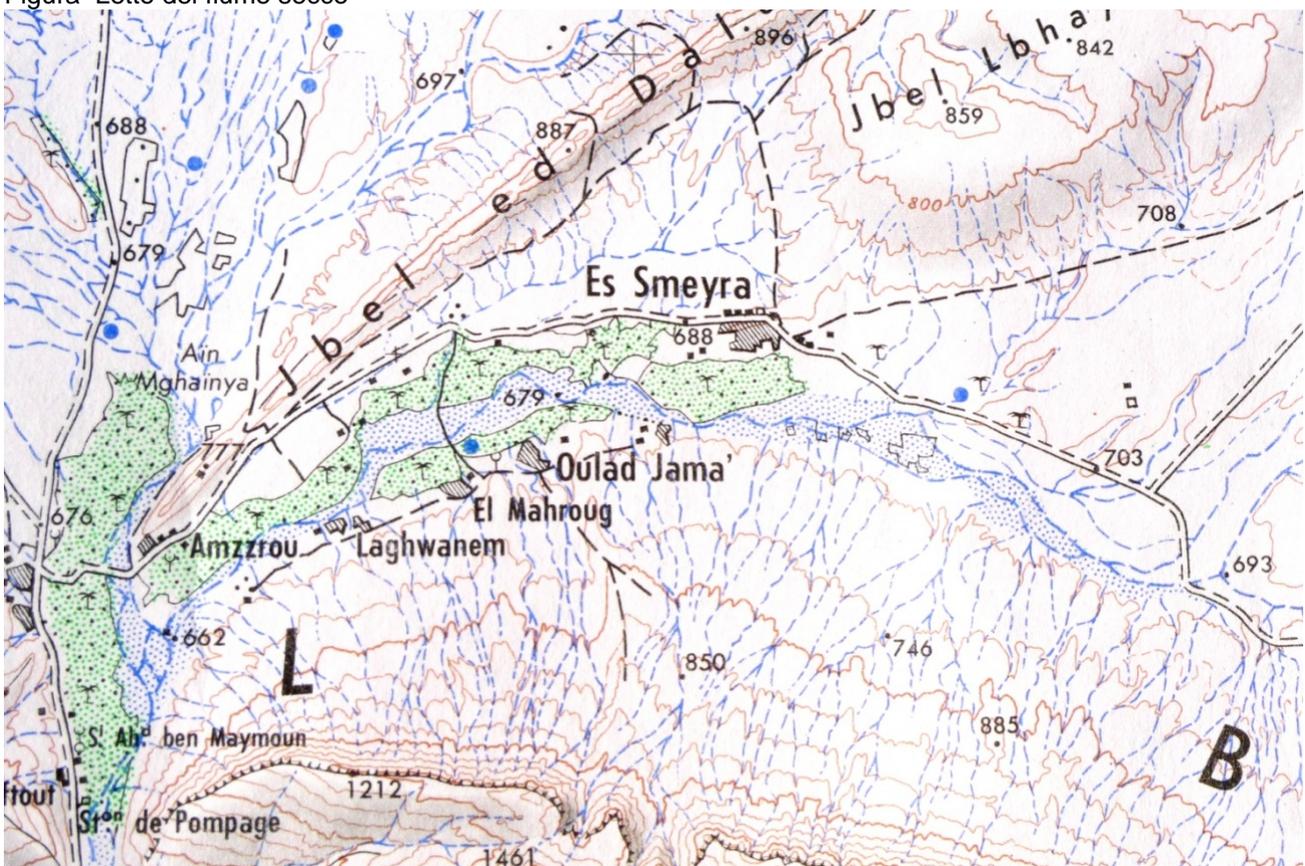


Figura Particolare dell'area

Le sette Oasi non sono servite dalla società privata che fornisce il servizio idrico nella regione (ONEP) ma ottengono l'acqua ad uso potabile da pozzi autogestiti dalle comunità e costruiti dal Ministero delle infrastrutture del Marocco. Ogni Oasi si serve di uno o due pozzi per l'acqua potabile e di diversi pozzi per l'agricoltura. Questi ultimi vengono ereditati da generazione in generazione dopo l'ottenimento di una concessione per la

realizzazione del pozzo. Sono stati analizzati 10 pozzi ad uso potabile e 25 pozzi ad uso agricolo.

Nelle aree dei Douar, are di studio del nostro progetto la situazione purtroppo è drasticamente peggiore di quella del vicino centro urbano Foum Zguid. L'area non è servita da alcuna società privata, l'approvvigionamento idrico è affidato all'associazione dei douar: Lafrakha, Smeira, El Mahroug, Oulad Jamaa, Amzrou e L'Hamid. Questi sono costituiti da una popolazione totale di circa 4 mila abitanti.

Località	Centro di Foum Zguid	Lafrakha	El Mahroug	Oulad Jamaa	Smeira	Amzrou	L M'hamid
Responsabile del servizio dell'AEP	ONEP	Associazione	Associazione	Associazione	Associazione	Associazione	Associazione
Distanza approssimativa dal centro (km)	2.5	5.1	5.7	6.2	8	4.2	5.2
Numero di abbonati	828	48	85	103	260	48	-
Popolazione servita	10700	480	680	1000	1864	400	-
Numero di riserve	2	1	0	1	1	1	0
Volume delle riserve m3	325	16	-	30	30	30	-
Punti di acqua utilizzati(pozzi)	3	1	1	1	1	1	1
Profondità totale	13.6 -12.6 - 24.2	15.8	20.2	15	22	25	11.6
Livelli d'acqua dal suolo	5.85.65.2	6.8	8.1	5	15	17	11
Conducibilità ms/cm	2000	1370	-	4000	718	2400	1200
Anno di realizzazione	1978-1994-2000	1997	1996	1996	1996	2000	1986
Consumo l/abit/giorno	35	20	20	20	20	20	20
Consumo mensile massimo l/s	5	-	-	-	-	-	-

I problemi connessi alla distribuzione dell'acqua potabile sono i seguenti:

- Vulnerabilità delle risorse di acqua, molto scarse;
- Salinità relativamente elevata;
- La continua preoccupazione per l'insufficiente disponibilità di acqua, sempre a rischio di essere consumata completamente;
- La concorrenza tra il servizio dell'ONEP e quello delle associazioni autonome di douars (quartieri) SAEP: la difficoltà di estendere l'area di captazione dell'ONEP a causa della paura della popolazione dei douars che teme un abbassamento dei flussi.

I dati in tabella sono gli unici dati a disposizione e purtroppo risalgono tutti a periodi antecedenti al 2000 quando le precipitazioni sono state quasi nulle, e i livelli della falda sono scesi drasticamente. Inoltre mentre per la zona del centro di Foum Zguid esiste

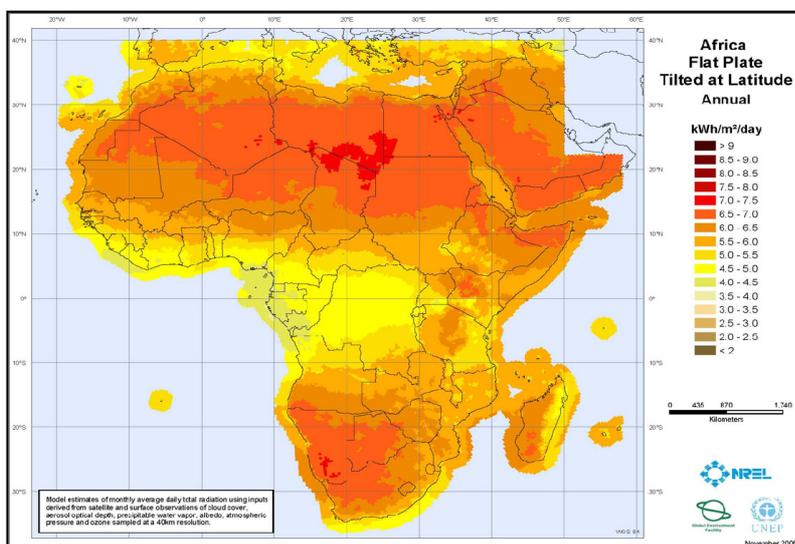
comunque un livello di copertura abbastanza soddisfacente, con un flusso continuo continuo di circa 4 l/s, per la Zona di Douar la condizione è piu' critica e per questo è stato condotto uno studio approfondito ed è stata richiesto un intervento per l'approvvigionamento idrico. La falda scende progressivamente della zona dei douar, e da 5 m di profondità dal piano campagna della zona di foug Zguid arriva a 17 m dal p.c. nella zona di Amzru. Si osserva che i livelli di salinità nei douar erano molto alti anche nel 2000.

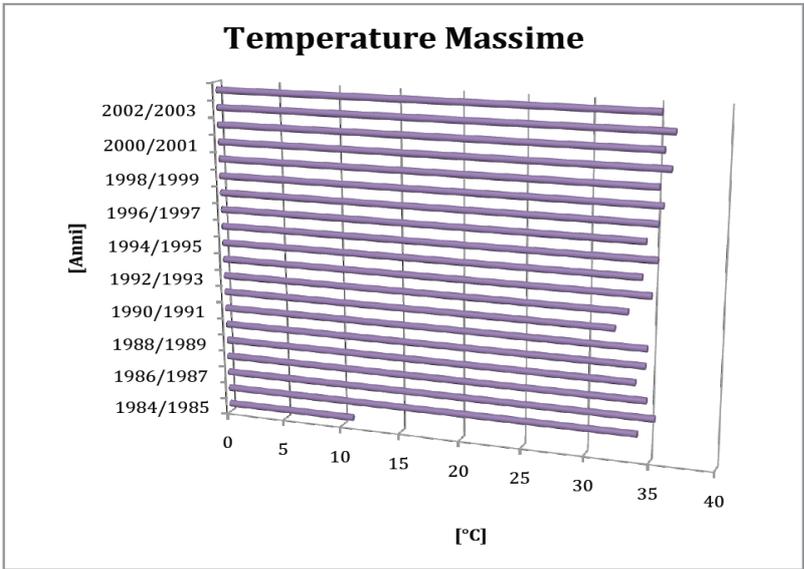
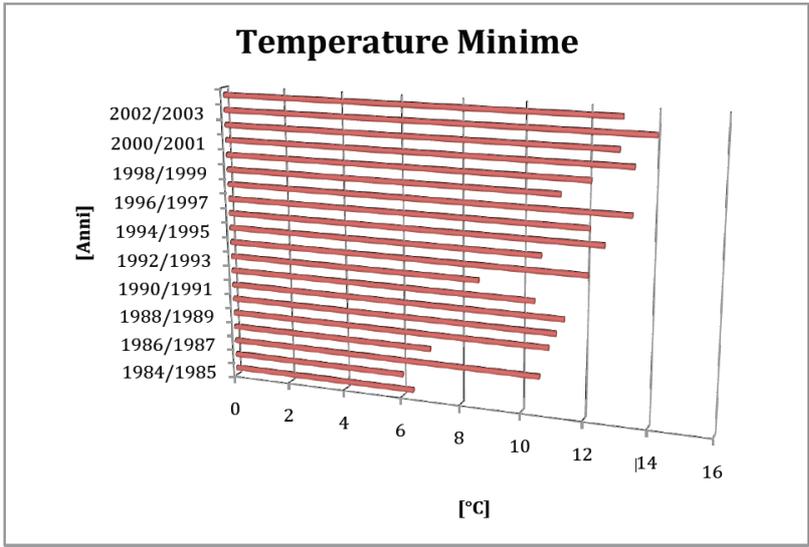
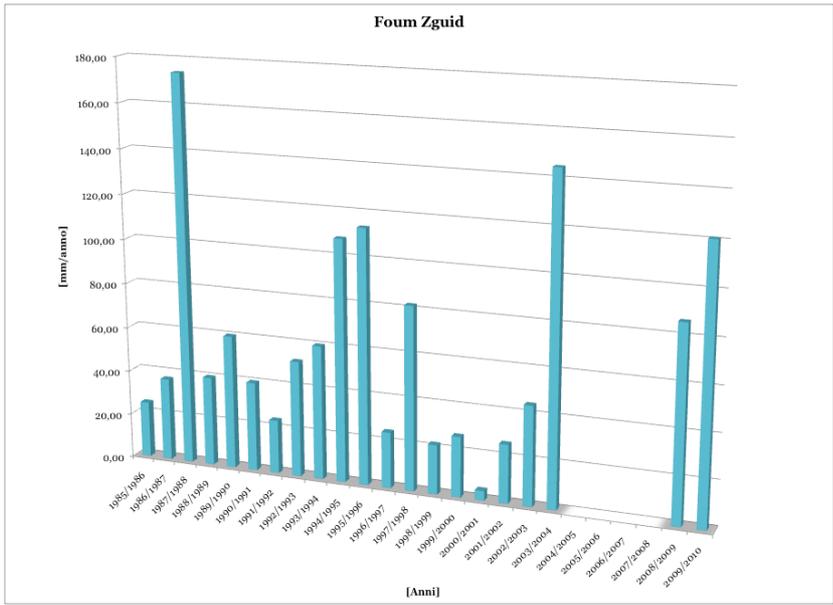
Caratteristiche generali di qualità delle acque nell'area

La qualità geochimica delle acque degli acquiferi alluvionali e degli acquiferi profondi è variabile, l'acqua proveniente dagli acquiferi profondi è più salata. In modo generale, le acque di falda della zona di M'hamid presentano una concentrazione di sali inferiore ai 2 g/l mentre la falda di Smeira possiede una concentrazione di sali notevolmente più elevata, anche 4 g/l. Quando queste due falde si incontrano da corrispondenza di Foug Zguid si ha un mescolamento delle acque rispettive, si riscontra che dalla riva destra a sinistra, l'acqua diventa sempre più salata. La zona dei douar è attraversata dalla falda piu' salata. Si rimanda l'approfondimento delle caratteristiche della qualità dell'acqua dell'area in un capitolo apposito.

Caratteristiche climatiche dell'area, pluviometria

La regione di Foug Zguid è molto arida con una pluviometria variabile da un anno ad un altro. I dati pluviometrici derivano da un unico punto in cui si misura la quantità di pioggia che interessa l'area, questo punto è sito all'estremità a valle del bacino. Il regime annuale delle precipitazioni si caratterizza dalla presenza di una sola stagione umida che va da settembre a marzo. La pluviometria annuale varia da 130mm nella parte a monte del bacino, quella settentrionale, a 66 mm a valle in corrispondenza di Foug Zguid. La variabilità è estrema: 45 mm un anno su due, 164 mm un anno su 10, nessuna precipitazione per 10 anni. Il numero medio di giorni di pioggia è 11 in corrispondenza del centro di Foug Zguid. L'evaporazione potenziale giornaliera è di circa 0.4 mm in inverno e 5.7 mm in estate. Inoltre c'è anche il fattore evapotraspirazione. Si assume che la pioggia superiore a 10 volte l'evapotraspirazione media giornaliera corrisponde al valore di infiltrazione netta. Tuttavia si osserva che l'infiltrazione netta si ha soltanto nei periodi invernali nei quali i giorni di pioggia superiori a 4 mm sono circa 3-5. Le precipitazioni nella zona dei Douar sono rare dell'ordine di 58 mm annui, media calcolata nel periodo dal 1985 al 2004. Con precipitazione nei mesi da aprile a settembre quasi nulle. Le temperature massime in estate arriva fino ai 50 C° e le minime nei mesi invernali sono intorno ai 0 C°. L'escursione termica tra il giorno e la notte puo' essere anche di 30 C°. Ci troviamo in un clima decisamente arido con scarsissime precipitazioni e valori alti di irraggiamento solare che vanno a 6,5 a 7 Kwh/m²/day.





Temperature

Per quel che riguarda i dati sulle temperature, le massime possono raggiungere i 50° C durante l'estate mentre le minime si abbassano fino a valori intorno a 0°C. da notare che l'escursione termica tra il giorno e la notte può arrivare anche a 30° C.

Risorse Economiche

A causa della forte siccità la scarsa disponibilità di risorse e di impiego l'area è stata ed è tuttora soggetta ad un forte flusso migratorio, sono pochi gli abitanti che hanno un'attività commerciale e lavorativa nell'area. L'area ha un PIL molto basso e le risorse economiche per i progetti delle infrastrutture dovrebbero essere impiegate dal ministero delle infrastrutture o dall'impresa locale dell'acqua Onep. In secondo luogo qualche finanziamento potrebbe arrivare dalla cooperazione internazionale. Le attività che si intendono sviluppare nel territorio sono legate all'ecoturismo ed il turismo responsabile, oltre alla commercializzazione di tappeti arazzi hennè e datteri.

Caratteristiche sociali e culturali.

E' stato distribuito un questionario, per capire la composizione delle famiglie e i fabbisogni idrici e le problematiche di ogni famiglia. L'area è a quasi totale prevalenza mussulmana, la donna ha un ruolo importante per la comunità perché comunque responsabile della sanità e dell'approvvigionamento idrico per la famiglia. Molti degli uomini sono muratori o agricoltori. Il grado di istruzione è basso.

Studio sulla qualità delle acque

Questo studio viene realizzato a seguito del primo sopralluogo nell'area desertica a Nord di Fom Zguid in Marocco avvenuto nel periodo compreso tra il 31 ottobre 2009 e il 30 Novembre 2009.

Lo scopo di questo studio è quello di descrivere lo stato attuale della qualità delle acque utilizzate a scopo agricolo e per il consumo umano nella zona. L'area abitata da circa seimila abitanti non è servita da una rete idrica centralizzata ma si basa su alcuni pozzi. In particolare si intende indicare quali dei pozzi analizzati risulta avere le migliori caratteristiche di potabilità e quali invece risultano essere di qualità scadente con acque da considerare non potabili previo trattamento.

Questa indagine si inserisce all'interno di uno studio piu' generale che ha come intento quello di descrivere lo stato attuale delle risorse idriche, dal punto di vista della qualità e della quantità, e di fornire le informazioni necessarie per una futura pianificazione di eventuali opere di approvvigionamento idrico atte a migliorare la condizione di vita degli abitanti di questa area.

Analisi della qualità delle acque.

Sono stati studiati 35 pozzi di cui 25 ad uso agricolo e 10 ad uso potabile. Per i pozzi ad uso potabile situati nei quartieri di Amzrou, El Mhamid, El Mahrough (pompa), El Mahrough (potabile), Elghwanam, Essmira 1, Essmira 2, Ouiftout, Oulad Hammou, Oulad Jamaa, sono stati analizzati i seguenti parametri:

- **Conducibilità elettrica,**
- **Temperatura,**
- **Ossigeno disciolto,**
- **PH,**
- **Alcalinità,**
- **Ammoniaca,**
- **Solfuri,**
- **Durezza Totale,**
- **Sali (NaCl),**
- **Cloruri,**
- **Sodio.**
- **Analisi Batteriologiche.**

Per i pozzi di Esmira 1 e Ouiftout, situati a monte e a valle dell'area investigata, sono state effettuate le analisi dei Seguenti Metalli:

- **Arsenico**
- **Ferro**
- **Cadmio**

- **Mercurio**
- **Cyanure**
- **Piombo**
- **Nickel**
- **Manganese**

METODI DI CAMPIONAMENTO

Il campionamento è stato effettuato su tutti e 35 pozzi, di cui come si è detto 10 ad uso potabile e 25 ad uso strettamente agricolo , distribuiti spazialmente come riportato in tabella:

Douar	Usò Potabile	Usò Agricolo	Totale Douar
Essmeira	2	7	9
Oulad Hammou	1	0	1
Oulad Jamaa	1	5	5
El Mahrough	1+1	3	5
Laghwanem	1	5	6
Amzrou	1	3	4
Ouiftout	1	0	1
El Mahmid	1	2	3
Totale	10	25	35

Tabella 1 : Suddivisione dei pozzi nei douar di Foug Zguid

All'interno di ogni douar è presente un pozzo, o al più due come nel caso di Essmeira, destinato al consumo umano e/o ad usi domestici collegato ad uno chateau di distribuzione ¹.

Questi pozzi, a differenza di quelli destinati ad uso esclusivamente agricolo, si trovano all'interno di un fabbricato in muratura la cui gestione è affidata ad un responsabile designato dal douar e, se il fabbricato è privo di copertura, sono chiusi da una coperchio in metallo o in cemento, per impedire cadute accidentali o l'ingresso di animali o materiali dall'esterno.

¹Nel periodo in cui sono state effettuate le analisi il pozzo destinato all'approvvigionamento del douar Amzrou non era collegato allo chateau destinato perché erano in corso lavori di manutenzione per l'abbassamento del fondo e allargamento del diametro dello stesso. Nel caso di El Mahroug esistono due pozzi destinati all'uso umano, di caratteristiche analitiche differenti, di cui uno solo è collegato direttamente allo chateau di distribuzione.



Figura 1: Stazione di pompaggio di Ouiftout



Figura 2: Copertura del pozzo di Ouiftout



Figura 3: Pozzo ad uso agricolo

Nella maggior parte dei casi, per entrambe le tipologie di pozzi considerate, si è proceduto con il prelievo mediante emungimento con pompa, ma nei rari casi in cui non era possibile procedere in questo modo per ragioni logistiche o di mal funzionamento della stessa, si è prelevato un campione mediante immersione di un recipiente collegato ad una corda per il suo recupero.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per valutare l'esatta collocazione geografica dei pozzi sul territorio e al fine di realizzare una mappatura del censimento effettuato, si è utilizzato un ricevitore gps cartografico Garmin – Emap in grado di fornire le coordinate geografiche e la quota del sito in esame.



Figura Ricevitore GPS

Tabella 2 : Esempio di coordinate e quota rilevate

Data	Ora	Descrizione	Coordinate	
			N (°)	WO (°)
08-11-09	13.30	Pozzo Potabile Acqua	30°08'10,1"	06°48'21,0"

Una volta rilevata la posizione spaziale e prelevato il campione di riferimento si è proceduto con l'analisi di parametri fisico-chimici quali:

- **T temperatura;**
- **pH;**
- **EC conducibilità;**
- **Od ossigeno disciolto;**

mediante l'utilizzo di due tipi di sonde per l'analisi multiparametro :

1. **Water Test - Hanna Instruments;**
2. **Sonda Multi 340i - WTW**

Figura 6 : Sonda Multiparametro



L'analisi di questi parametri avviene mediante l'immersione della sonda stessa che fornisce immediatamente i valori richiesti. L'analisi dei suddetti parametri va effettuata al momento del prelievo per evitare alterazioni del campione stesso a contatto con l'aria che ne modificherebbero il valore invalidandolo.

Tabella 3 : Esempio di parametri rilevati

Water Test				Sonda Multiparametro					
T (°C)	EC	pH	MV	T (°C)	mS/cm	SAL (%)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (%)
27,6	1580	7	318	26,9	2260	1	7,05	7,1	98

L'analisi delle caratteristiche batteriologiche delle acque in esame, invece, è stata effettuata mediante l'utilizzo di contact slides Environcheck Contact C – Merck.

Le slides vengono immerse nell'acqua per alcuni secondi e poi lasciate incubare per almeno una settimana. Le superfici che le caratterizzano sono tali da permettere, in particolari condizioni di temperatura, la proliferazione di colonie batteriche (Escherichia Coli e altri coliformi) e muffe causa, nell'uomo, di problemi all'apparato intestinale.

Terminato il periodo di incubazione è possibile distinguere tra loro le colonie per poterle contare e stabilirne la densità superficiale e valutarne la pericolosità.

Figura Colonie batteriche



Per misurare, poi, l'effettiva profondità del pelo libero dell'acqua all'interno dei pozzi si è utilizzato un freatimetro fornito dai laboratori di Ingegneria delle Materie Prime della facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna.

Il funzionamento di questo dispositivo è molto semplice poiché si tratta di un piccolo circuito collegato ad una sonda dotata di un cavo che viene calato all'interno del pozzo. Quando la sonda entra a contatto con l'acqua il circuito emette un suono in modo che l'operatore possa fermare la corsa del cavo. L'operatore, quindi, ne valuta la lunghezza, a meno dell'altezza delle pareti del pozzo stesso, che rappresenta la quota del pelo libero.

Figura Freatimetro



Tabella Analisi effettuate dal Laboratorio " Afayad Groupe" di Marrakesh

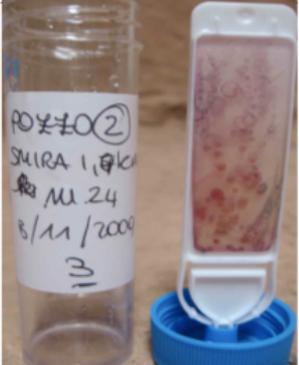
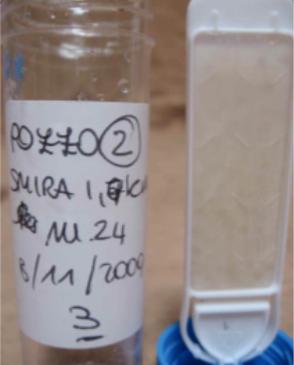
Numero Campione	Luogo Prelievo	Data Prelievo	Metalli Pesanti							
			Fe (mg/l)	Hg (mg/l)	CN (mg/l)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)	As (mg/l)	Ni (mg/l)	Mn (mg/l)
3	Essmira 1	14/11/09	0,05	< 0,001	< 0,1	nd	nd	0,08	< 0,05	< 0.01
11	Ouiftout	15/11/09	0,48	< 0,001	< 0,1	nd	nd	0,13	< 0,05	< 0.01
Valori limite normativa acque potabili Marocco (N.M.03.7.001)			0,2	0,001	0,05	0,005	0,01	0,05	0,05	0.1
Numero Campione	Luogo Prelievo	Data Prelievo	Parametri							
			E. C. (µg/l)	Alcalinità (meq/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	Durezza Totale (mg/l)	NaCl (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
1	Essmira 2	14/11/2009	1113	6,8	0,504	52,3	460	547	332	185
2	Essmira 1	14/11/2009	1370	10,2	nd	102,5	500	571	346	190
4	Oulad Hammou	14/11/2009	2610	41,1	0,59	115	432	1371	832	302
5	Oulad Jamaa	14/11/2009	2540	16,3	0,43	138	708	1235	750	434
6	El Mahrough (pompa)	14/11/2009	2900	45,9	0,44	176	632	1418	860	522
7	El Mahrough (potabile)	15/11/2009	840	5,4	0,08	50,7	276	280	170	96
8	Elghwanam	15/11/2009	823	5,2	0,013	72,4	216	264	160	89
9	Amzrou	15/11/2009	1785	15,6	0,43	253	840	552	335	214
10	Ouiftout	15/11/2009	2470	20,8	0,06	330	1152	842	511	285
12	El Mhamid	15/11/2009	1488	10,3	0,002	202	700	514	312	192
Valori limite normativa acque potabili Marocco (N.M.03.7.001)			1300	50	0,5	250	500	150	200	150

Tabella Analisi effettuate presso il laboratorio del DICMA dell'Università di Bologna, Facoltà di Ingegneria

Numero Campione	Luogo Prelievo	Data Prelievo	Data Analisi	Parametri						
				K (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	Fe (mg/l)	Durezza Totale (°f)	Durezza Totale (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)*
1	Elghwanam	23/11/2009	15/12/2009	4.4	70	3.1	0	9	90	110
2	Amzrou	23/11/2009	15/12/2009	5.1	60	2.9	0	40	400	230
3	El Mhamid	23/11/2009	16/12/2009	2.4	100	2	0	45	450	190
4	El Mahrough (pompa)	23/11/2009	16/12/2009	3.6	64	2.1	0	45	450	700
5	El Mahrough (potabile)	23/11/2009	16/12/2009	2.6	51	3	0	18	180	240
6	Essmira 1	24/11/2009	16/12/2009	2.3	79	2.2	0	27	270	540
7	Essmira 2	24/11/2009	16/12/2009	2.1	45	1.9	0	45	450	340
8	Ouiftout	24/11/2009	16/12/2009	3.1	> 100	4.1	0	45	450	460
9	Oulad Hammou	25/11/2009	18/12/2009	4.5	62	1.6	0	35	350	760
10	Oulad Jamaa	25/11/2009	18/12/2009	4.2	79	2.3	0	45	450	760
Valori limite normativa acque potabili Marocco (N.M.03.7.001)					250	0.5	0.2	50	500	200
										* prova mediante diluizione 1:10

Analisi Batteriologiche

N°	Luogo Prelievo	Data Prelievo	Data Check	Batteri d=[CFU/cm ²]		Muffe d=[CFU/cm ²]	
1	Es Smira 1	08-11-09	18-11-09	assenti		1 colonia: d<10 ²	
2	Es Smira 1	08-11-09	18-11-09	2 colonie: d<10 ³		assenti	

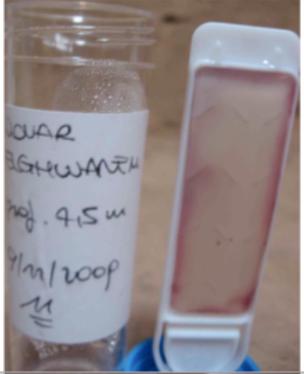
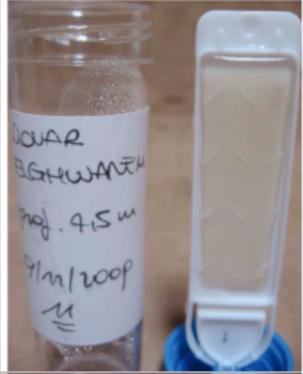
3	Es Smira 2	08-11-09	18-11-09	colonie di e. coli poco definite e colonie altri coliformi ben definite: 10 ⁴ <d<10 ⁵		colonie piccole e non ben definite: d>10 ⁴	
4	Es Smira 2	08-11-09	18-11-09	circa 20 colonie e. coli; circa 7 colonie coliformi: d>= 10 ⁴		circa 25 colonie piccole e poco visibili: d=10 ⁴	

5	Oulad Hammou (secchio 11 m)	08-11-09	18-11-09	colonie miste di e. coli e altri coliformi: circa $d=10^3$		7/8 colonie ben definite: circa $d=10^3$	
6	Oulad Hammou (pompa 20 m)	08-11-09	18-11-09	1 colonia di coliformi: $d < 10^3$		assenti	

5	Oulad Hammou (secchio 11 m)	08-11-09	18-11-09	colonie miste di e. coli e altri coliformi: circa $d=10^3$		7/8 colonie ben definite: circa $d=10^3$	
6	Oulad Hammou (pompa 20 m)	08-11-09	18-11-09	1 colonia di coliformi: $d < 10^3$		assenti	

7	Oulad Jamaa	08-11-09	18-11-09	2 colonie di coliformi ben definite: $d < 10^3$		8 colonie di cui 3 ben definite e 5 piccole e poco definite: circa $d = 10^3$	
8	El Mahrouh (pompa)	09-11-09	19-11-09	1 colonia di coliformi: $d < 10^3$		assenti (punto verde ignoto)	

9	El Mahrouh (potabile)	09-11-09	19-11-09	3 colonie coliformi: $d < 10^3$		1 colonia: $d < 10^2$	
10	Amzrou	09-11-09	19-11-09	20/21 colonie e. coli, 1 colonia di coliformi: $10^3 < d < 10^4$		assenti	

11	Elghwanam	09-11-09	19-11-09	2 colonie molto piccole coliformi: $d < 10^3$		1 colonia: $d < 10^2$	
12	Ouiftout	10-11-09	20-11-09	circa 30 colonie di coliformi di cui 2/3 e. coli: circa $d = 10^4$		4 colonie ben visibile e distinguibili; circa 15/16 colonie molto piccole: $10^3 < d < 10^4$	

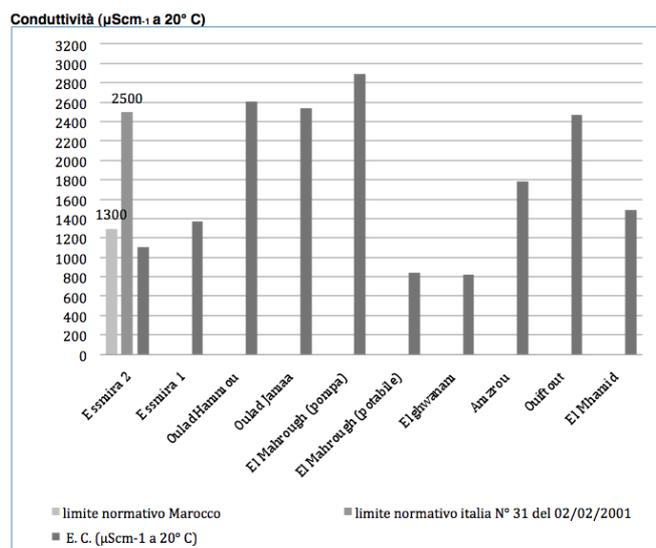
13	Ouiftout	10-11-09	20-11-09	4 colonie e. coli; 2 colonie ben definite + 1 colonia estesa di coliformi: $d < 10^3$		circa 49/50 colonie ben distinguibili; circa $d = 10^4$	
14	El Mhamid	10-11-09	20-11-09	1 colonia coliformi: $d < 10^3$		1 colonia non ben distinguibile: $d < 10^2$	

15	El Mhamid	10-11-09	20-11-09	assenti		assenti	
16	Pozzo Campagna Es Smira	11-11-09	22-11-09	10/11 colonie di coliformi: $d < 10^3$		19/20 colonie: circa $d = 10^4$	

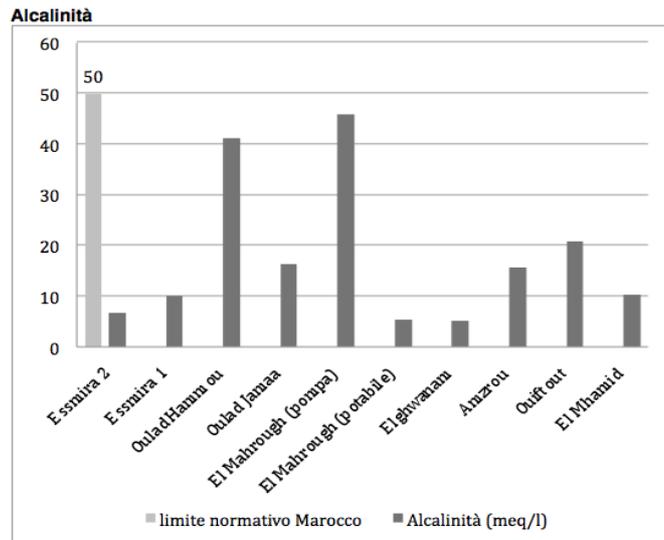
Grafici analisi della qualità delle acque

A seguire vengono messi in relazione tramite istogrammi i risultati delle analisi chimico fisiche effettuate sulle acque di pozzo per il consumo umano. (Parametri E.C. , Ph, O.d., Alcalinità, Durezza, Solfati, Cloruri, Ammoniacca, Ferro ed arsenico.)

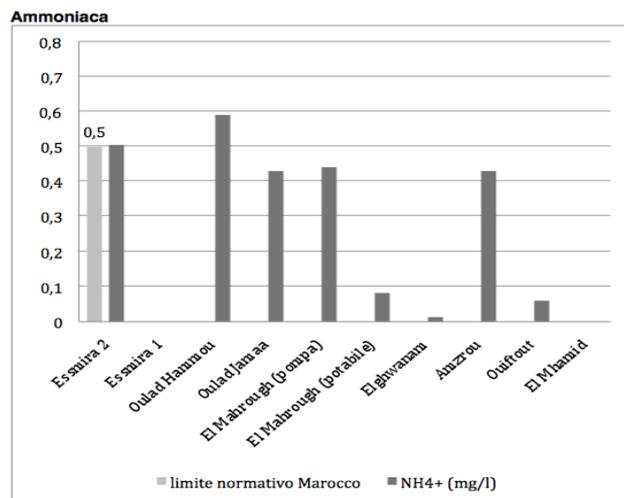
Conduttività (Scm-1 a 20° C)



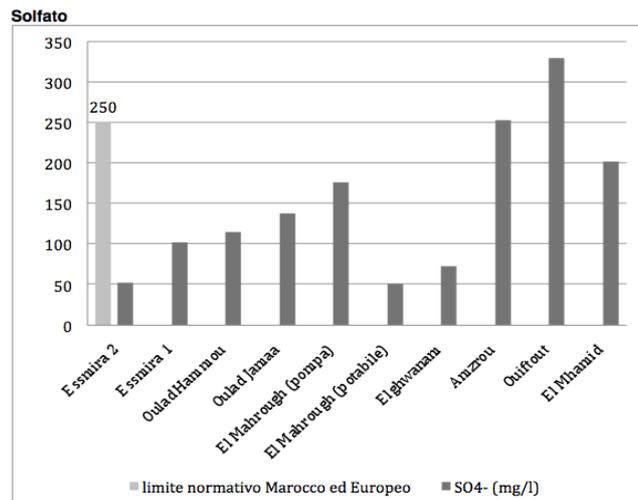
Alcalinità



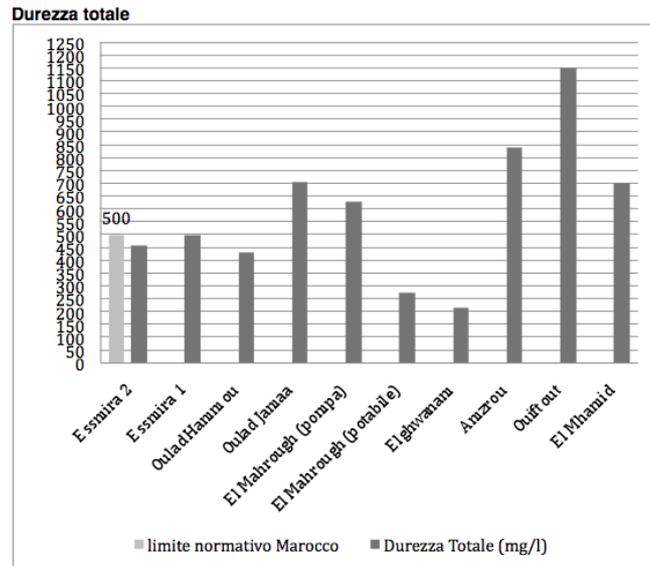
Ammoniac



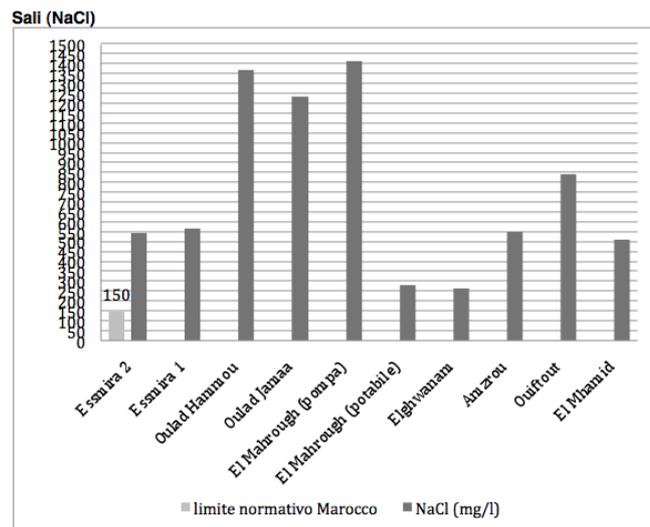
Solfato



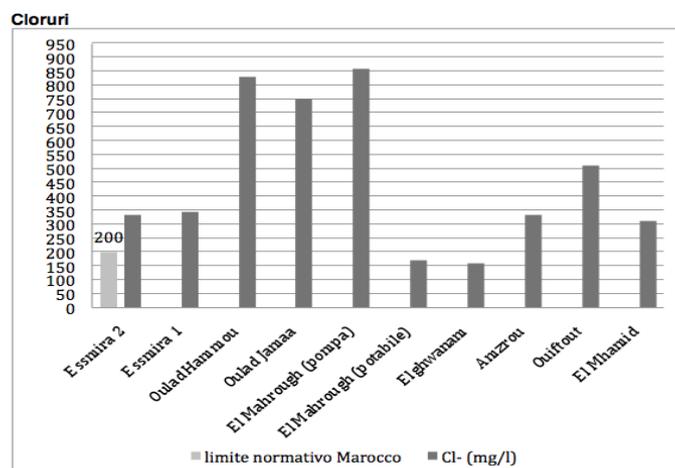
Durezza totale



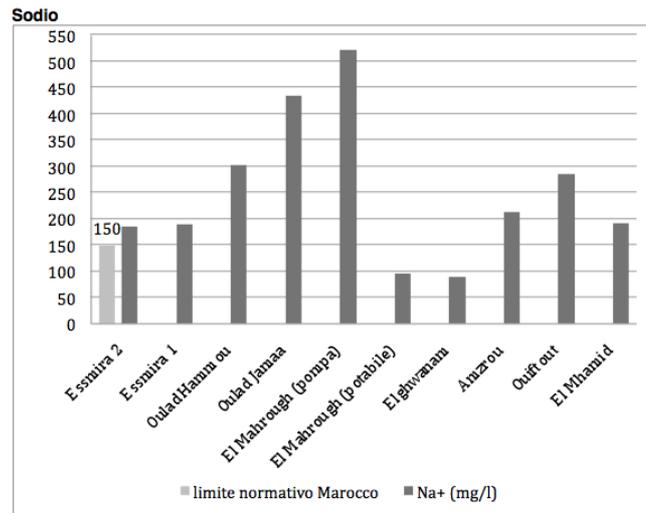
Sali (NaCl)



Cloruri

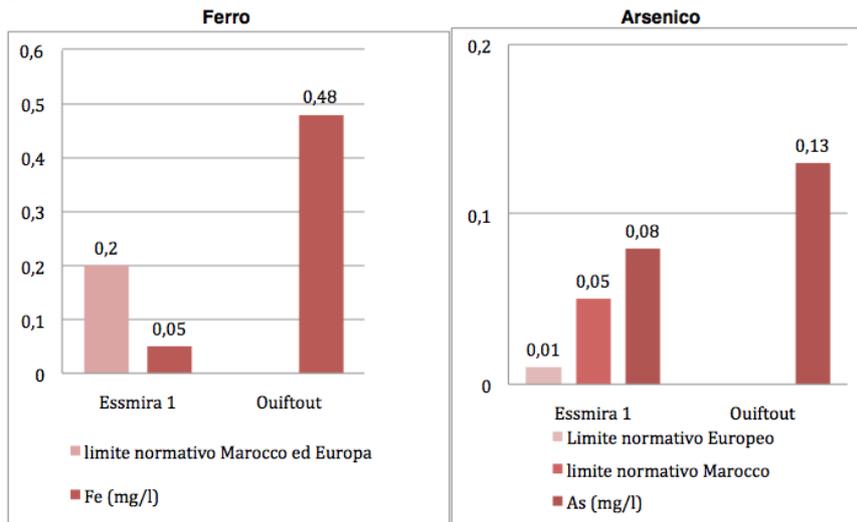


Sodio



Metalli

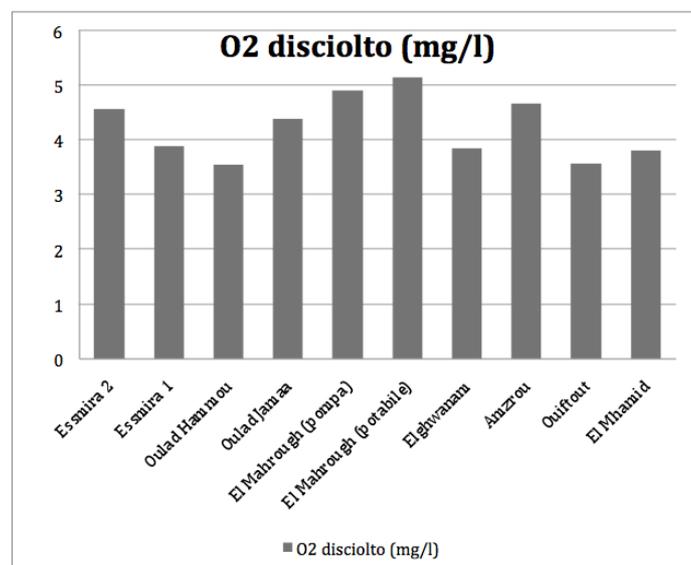
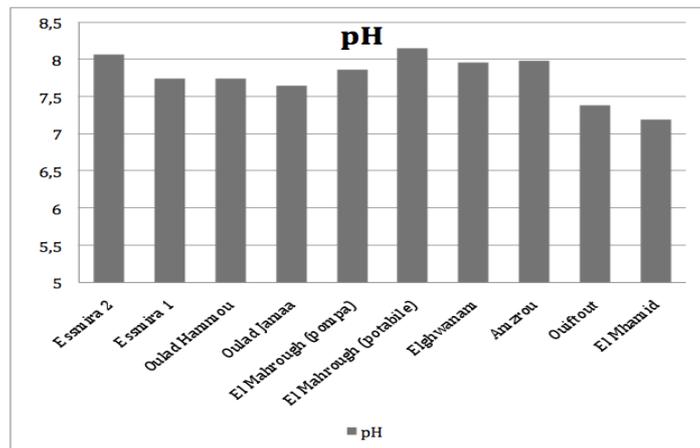
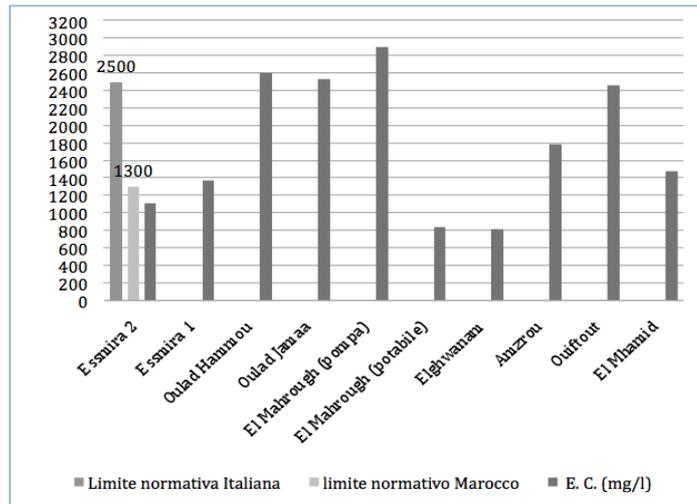
Metalli

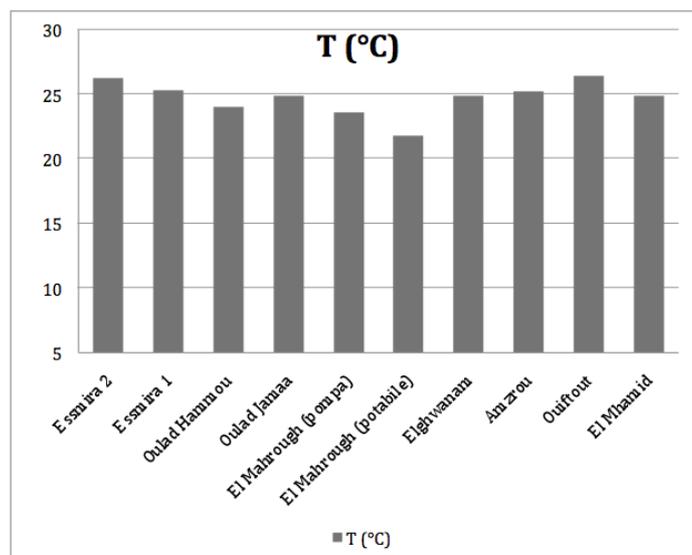
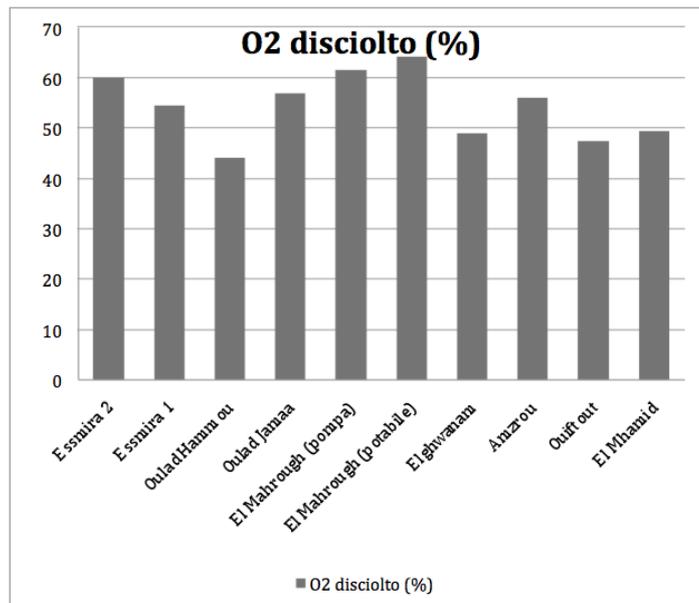


Ferro

Arsenico

Analisi sul campo di parametri speditivi





Osservazioni sulle analisi delle acque:

Come valori di riferimento sono stati presi i valori limite della normativa Marocchina (Valori limite normativa acque potabili Marocco (N.M.03.7.001)) e i valori della normativa Italiana sulle acque potabili ("D.Leg. del 2 febbraio 2001, n. 31. Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano" (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 52 del 3 marzo 2001 - Supplemento Ordinario n. 41).

Le acque analizzate risultano avere alti valori di conduttività (EC) e forti concentrazioni di Sali (NaCl), si notano superamenti rispetto le normative di riferimento.

In particolare i valori della conduttività (EC) superano i valori di riferimento della normativa marocchina nei pozzi di Amzrou, El Mhamid, El Mahrough (pompa), Essmira 1, Oulfout, Oulad Hammou e Oulad Jamaa. Mentre i pozzi di El Mahrough (pompa) Oulad Hammou,

Oulad Jamaa e ouiftout, superano anche i valori della normativa italiana. Per quanto riguarda i valori di ammoniaca supera il valore limite il pozzo di Oulad Hammou e lievemente il pozzo di Esmira2. Per i Solfati superano il valore limite il pozzo di Amzrou e Ouiftout. Tutti i pozzi analizzati superano i valori di riferimento per la concentrazione dei Sali (NaCl). Escludendo i pozzi di El Marough, il pozzo di Elghwanam ed il pozzo di Esmira2, gli altri pozzi superano il valore limite di riferimento per la Durezza Totale. Escludendo i pozzi di El Marough ed il pozzo di Elghwanam gli altri pozzi superano il valore limite di riferimento per i Cloruri ed il Sodio.

Si osserva che uno dei due pozzi di El Marough (manuale) ed il pozzo di Elghwanam hanno valori in linea di massima migliori degli altri 8 pozzi analizzati.

Dalle analisi effettuate dal laboratorio "Afayad Groupe" di Marrakesh sui due campioni prelevati dal Pozzo di Esmira1 e Ouiftout in merito ai metalli pesanti si osserva che il valore limite del ferro viene superato dal campione di Ouiftout e il parametro dell'arsenico viene superato da entrambi i pozzi. Si osserva che i valori più alti di Arsenico vengono registrati nel pozzo di Ouiftout. Si osserva inoltre che non risultano invece superamenti per quanto riguarda i Metalli: Mercurio, Cianuri, Cadmio, Piombo, Nichel, Manganese per i due pozzi analizzati.

Le analisi effettuate sul campo confermano i dati analizzati in laboratorio per quanto riguarda la conduttività (EC). Inoltre forniscono dati a riguardo il PH che rientra nel range consigliato e l'Ossigeno Disciolto.

Dalle analisi batteriologiche effettuate si osserva la presenza di colonie di batteri coliformi fecali e muffe in quasi tutti i pozzi analizzati.

Conclusioni sulle analisi delle acque

Data la presenza di Batteri e muffe nei pozzi analizzati si consiglia di continuare le procedure di clorazione dell'acqua facendo attenzione al corretto e costante svolgimento di quest'ultime.

Sulla base dei dati a disposizione, si deduce che l'acqua proveniente dai pozzi di Ouiftout, di Esmira1, di Oulad Hammou, Oulad Jamaa e di El Mahrough (pompa) non può essere considerata adatta al consumo umano. Mentre l'acqua proveniente da El Mhamid seppure molto mineralizzata si può considerare mediocre ai fini del consumo umano. Le acque provenienti dai pozzi di El Marough (pozzo manuale) ed il pozzo di Elghwanam si possono considerare accettabili per il consumo umano.

Si considera comunque necessario effettuare altre analisi per accertarsi dei contenuti di Arsenico e Ferro nell'acqua. Particolare attenzione va rivolta ai contenuti di Arsenico.

L'arsenico (il cui simbolo chimico è As) è un semimetallo nocivo alla salute umana se assunto in quantità superiori da quelle consentite. L'arsenico risulta molto più tossico in ogni suo stato combinato rispetto allo stato elementare. Le forme chimiche che procurano intossicazione sono l'arsenico elementare e l'As-inorganico, gli arsenicali organici e l'arsina (AsH₃). A riguardo leggere l'ALLEGATO A di questo elaborato.

Azioni intraprese

Report sui pozzi potabili

A seguito delle analisi delle acque qui riportate è stato prodotto un report che è stato immediatamente distribuito ai responsabili dei Douar in cui venivano indicati i pozzi considerati potabili e veniva fortemente sconsigliato abbeverarsi dai pozzi non potabili e con concentrazioni alte di arsenico. In allegato si trovano anche le schede descrittive dei pozzi analizzati.

Individuazione di tecnologie appropriate per la potabilizzazione e la dissalazione delle acque. Il distillatore solare.

Per quanto riguarda la potabilizzazione delle acque, considerando le scarse risorse economiche disponibili e la disponibilità di irraggiamento solare dell'area circa 7 Kw/h/m²/day è stata individuata nei distillatori solari una soluzione appropriata al problema trovato. I distillatori solari sono una tecnologia a basso costo in grado di depurare le acque da numerevoli inquinanti tra cui i sali e i metalli pesanti. Inoltre i distillatori solari svolgono anche un ruolo educativo all'interno della comunità per quanto riguarda i problemi sanitari legati all'acqua. Inoltre è stato paragonato un distillatore solare tradizionale con un filtro ad osmosi altra soluzione spesso usata in presenza di alte quantità di sale. Dal paragone si è constatato che il distillatore è una soluzione piu' appropriata in quanto riproducibile e mantenibile localmente, mentre il filtro ad osmosi una volta che si arriva a fine vita del filtro perde la sua funzione e avere dei ricambi nel deserto puo' essere un evento molto raro se non impossibile.

Individuazione di Tecnologie appropriate per l'approvvigionamento idrico.

Una volta fatta l'analisi del sito di intervento dal punto di vista climatico e dello stato delle risorse appare di importanza primaria intervenire sulla potabilizzazione delle acque, che dalle analisi fatte risultano spesso troppo salinizzate e di pessima qualità. Inoltre appare anche importante per la sopravvivenza delle comunità che abitano i douar un sistema di approvvigionamento idrico per l'agricoltura e per rigenerare il nucleo dell'oasi attualmente sofferente.

L'emungimento smodato di risorsa idrica nell'area rurale pre-desertica delle Oasi di Fom Zguid (Tata, Marocco), attraverso tecnologie non appropriate rispetto ai quantitativi di acqua presenti nell'acquifero sotterraneo, ha portato all'abbandono di antiche tecniche di approvvigionamento che rifornivano la popolazione in modo equilibrato e sostenibile sia a livello economico-sociale che ambientale. Senza un'adeguata forma di sostentamento per il



sistema Oasi, infatti, questi ecosistemi rischiano la morte non essendo più in grado di autosostenersi. Per questo è necessario recuperare quelle tecnologie che le antiche popolazioni del luogo hanno sviluppato e tramandato per generazioni. Tecnologie Appropriate di approvvigionamento che consentissero il ciclo naturale di abbondanza e scarsità di acqua tipico del clima arido: la Khetara.

Le oasi, quindi, sono ecosistemi che si autosostengono ed autoalimentano ma nel momento in cui intervengono fattori esterni che ne alterano l'equilibrio entrano in crisi e rischiano la "morte".

E' questo il caso dell' Oasi di Es Smira e dei douars limitrofi.

Negli ultimi venti anni, infatti, si è assistito al progressivo insabbiamento causato dall'alterazione degli equilibri di stratificazione vegetale delle oasi derivante dallo

sfruttamento per la sola produzione agricola dei terreni.

Inoltre i cambiamenti climatici hanno causato un avanzamento spinto del fenomeno di desertificazione che ha portato al prosciugarsi delle poche risorse idriche derivanti dal corso dell'Oued Zguid, oggi secco per la maggior parte dell'anno, e all'abbassamento del livello negli acquiferi sotterranei.

A questo si aggiunge l'emungimento smodato dai pozzi ad uso agricolo di proprietà familiare, tramite delle pompe realizzate riadattando vecchi motori Diesel. Un altro elemento negativo è dovuto all'inserimento di colture che richiedono un eccessivo quantitativo d'acqua per irrigazione e l'utilizzo di tecniche che favoriscono lo spreco di risorsa. Tutti questi fattori hanno fatto sì che la condizione di siccità delle suddette oasi peggiorasse sempre più. L'abbassamento del livello di acqua sotterranea, poi, ha portato anche all'aumento del grado di salinità nella risorsa rendendola in alcuni casi inutilizzabile a scopo potabile o ad uso agricolo.

Sono stati presi in considerazione diversi sistemi e paragonati tra loro per trovare la soluzione più adatta.

L'ingegnere gestionale Cristina Corapi nella sua tesi di laurea, per cui si è svolta l'attività di correlatore, ha effettuato uno studio comparativo sulla possibile gestione delle risorse idriche da parte della società privata Onep, fornitore idrico per la regione e l'ipotesi di riabilitare le vecchie Kettharas presenti nell'area e lasciare la gestione della risorsa idrica alle comunità. È stata fatta un'analisi costi benefici che ha dimostrato che se la risorsa fosse privatizzata il costo dell'acqua si alzerebbe al punto da non essere più sostenibile per le comunità locali che perderebbero anche il beneficio di autogestire la risorsa come propria e non dover dipendere da terzi.

La soluzione individuata per l'approvvigionamento idrico delle oasi è la Khattara.

La Kethara di Fom Zguid.

Valutazione e riabilitazione della Kethara dell'Oasi di Fom Zguid

Allo scopo di mitigare gli effetti di questa desertificazione spinta nell'area rurale a nord est di Fom Zguid, il ministero delle infrastrutture ha promosso il restauro di un'antica Kethara ormai in disuso poichè non intercettava più l'acquifero.

La Kethara in esame è lunga 15 Km e la sua sezione di chiusura si trova in prossimità del palmeto del centro abitato di Fom Zguid.



Per la valutazione della presenza di una nuova fonte di approvvigionamento si è ricorso allo studio dei livelli piezometrici degli acquiferi attraverso una carta piezometrica. Essa ha permesso di calcolare non solo la profondità a cui si trova l'acqua ma anche lo spessore dell'acquifero in ogni suo punto risalendo così al volume del serbatoio sotterraneo. E' stato, poi, possibile valutare la portata transitante (Q) nell'acquifero cioè il volume d'acqua che ne attraversa una sezione trasversale nell'unità di tempo come rappresentato in figura secondo la relazione

$$Q = K \frac{b_1 - b_2}{2} L \frac{\Delta H}{\Delta x} \quad [m^3 / s]$$

dove :

H = differenza di carico tra le sezioni 1 e 2 [m]

x = lunghezza del percorso tra le sezioni 1e 2 [m]

b1 = altezza piezometrica sezione 1[m]

b2 = altezza piezometrica sezione 2 [m]

k = conducibilità idraulica [m² /s]

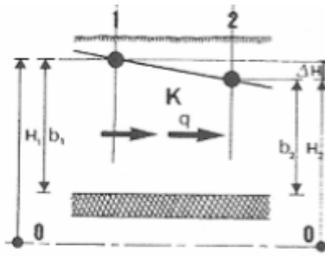


Fig.2 – Portata in transito tra due sezioni della Khettaras

La riabilitazione della Khettara ha previsto due fasi principali quali monitoraggio iniziale attraverso sondaggi e preparazione del terreno e realizzazione vera e propria del nuovo percorso:

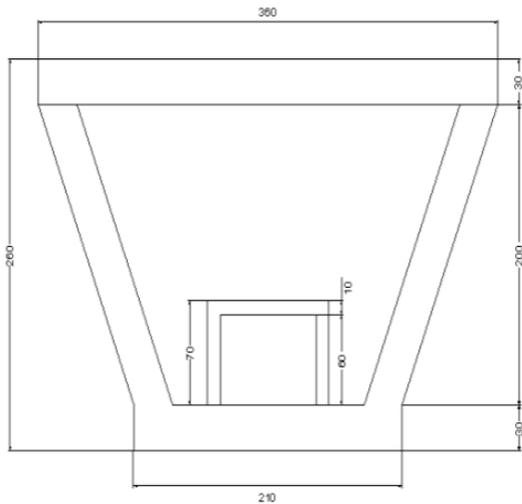
La fase di Monitoraggio prevede:

- misura della lunghezza originale della Khettara; (15 Km)
- verificare la presenza di canali aperti (seguias) a livello del terreno;
- verificare se la struttura permette all'acqua di non filtrare nel terreno;
- controllo del materiale con il quale è stata costruita e rivestita;
- distribuzione di acqua per l'agricoltura;
- verifica dello stato dei pozzi e come sono stati costruiti ;
- verificare se la distanza tra i pozzi è costante;
- analizzare la profondità del pozzo principale dal quale dipende la capacità dell'intero canale; (circa 5 metri)

La Fase di Realizzazione prevede:

- Trasporto ed evacuazione della sabbia che può aver invaso il palmeto dopo il prosciugamento della Khettara;
- Restauro del canale sotterraneo esistente, realizzandolo in cemento armato. Mentre quello preesistente era in pietra.
- Rinforzo e ricostruzione dei pozzi e del serbatoio sotterraneo finale;
In cemento armato, mentre prima erano di pietra.
- Livellamento dell'area destinata alle coltivazioni, definizione e realizzazione delle parcelle di terreno per la coltivazione;
- Prolungamento della Khettara a monte per poter raggiungere nuove quote di falda e captare quindi l'acqua necessaria per il palmeto e le coltivazioni

L'ultimo punto è quello più cruciale e che richiede molta attenzione, in quanto prima di procedere bisogna effettuare uno studio sul livello complessivo della falda per poter valutare di quanto sia necessario abbassare la zona di captazione. Inoltre durante la realizzazione del progetto di rinnovamento, quindi nella fase dei lavori, bisogna prestare attenzione a non alterare lo stato naturale della falda e evitare che ci siano contaminazioni dell'acqua cosa questa che comprometterebbe l'intero sistema idrico sotterraneo.



Nello specifico la fase operativa ha riguardato la riabilitazione di una parte della Khettara pari a circa 3 km per un periodo di lavoro pari a circa tre mesi di cui un mese per il tracciamento e preparazione del suolo e due mesi per i lavori di ristrutturazione e riabilitazione della struttura.

Conclusioni sul progetto di ripristino della Khettara

La disponibilità di risorsa idrica è d'importanza fondamentale così come lo è la sua gestione in particolar modo in una situazione globale come quella attuale in cui sono una realtà i cambiamenti climatici che ne alterano gli equilibri di disponibilità.



Illustration 3: vecchia Khettara e nuova Khettara in costruzione

Il problema affligge in particolare i paesi in via di sviluppo a clima arido come l'area rurale pre-desertica delle Oasi di Fom Zguid (Tata) nel sud del Marocco.

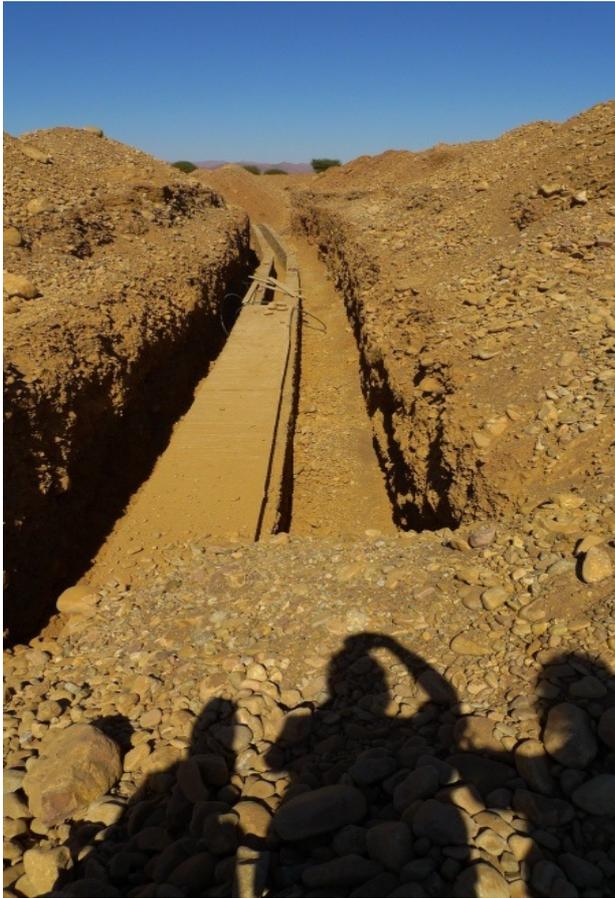
Le missioni del team di ricerca del dipartimento DICAM – Alma Mater Studiorum -Università di Bologna, effettuate nel Novembre 2009 e nell'Aprile 2010, hanno permesso di valutare l'effettiva situazione di stress idrico presente nella zona causato sicuramente dai cambiamenti climatici e dal fenomeno della desertificazione che hanno portato ad una modifica del regime delle precipitazioni, scarse già in precedenza, ma soprattutto dall'emungimento smodato di risorsa idrica dal sottosuolo, tramite pompe a diesel o a gas.

Vista l'elevata condizione di criticità riscontrata si è valutato come best

practice per l'approvvigionamento idrico, soprattutto a scopo agricolo, delle oasi un'antica tecnica

ormai in disuso quale la Khettara. Si tratta di un canale sotterraneo caratterizzato lungo il suo percorso da camini utili all'uscita dell'aria secca per mantenere un elevato tenore di umidità nel canale sotterraneo ma anche per permettere l'accesso alla popolazione che ne avesse necessità. Nel caso della Khettara di Fom Zguid, si è proceduto alla valutazione dei lavori che sono stati eseguiti dal Ministero delle Infrastrutture per la riabilitazione della stessa che è caratterizzata da un bacino di chiusura in corrispondenza del palmeto del centro abitato ed è alimentata per gravità da una sorgente che si trova a 15 Km di

distanza. I lavori di pulitura e riabilitazione dell'antica infrastruttura hanno interessato l'allungamento del percorso della stessa che non intercettava più l'acquifero sorgente originario a seguito dell'abbassamento del livello dello stesso.



In base allo studio dei livelli piezometrici, quindi, si è valutata la posizione di una nuova sorgente utile all'approvvigionamento dell'oasi di Foug Zguid e si è proceduto con i lavori di ripristino e messa in sicurezza dell'opera per un nuovo utilizzo.

Analizzando le criticità del progetto si osserva che la distillazione solare è una TA con ancora scarsi risultati in termini di portate d'acqua desalinizzata, e per fare fronte al problema dovrebbe raggiungere una scala di intervento diffusa. Si ritiene importante anche in questo caso il coinvolgimento della popolazione e la formazione sulle tecniche di depurazione delle acque. Si individua nelle Kettara una buona pratica per la gestione della risorsa idrica in zone aride, in particolare per il risparmio energetico, dato dal trasporto per gravità, la sostenibilità ecologica, in quanto non consente il sovra-sfruttamento della falda, e la sostenibilità sociale che permette una gestione collettiva della risorsa;

Per quanto riguarda invece gli aspetti negativi delle Kettara bisogna sottolineare il fatto che la costruzione di questi ultimi richiede delle grosse somme di denaro, in passato erano gli stessi membri delle oasi ad autocostruirle. Infatti anche utilizzando

manodopera a basso costo al giorno d'oggi il costo di realizzazione delle Kettara è di circa 10.000 dollari per chilometro rispetto alla costruzione di un pozzo con sollevamento meccanico che si aggira intorno ai 3-15.000 dollari. Bisogna però considerare che le Kettara richiedono poche spese per la manutenzione e zero costi di gestione, al contrario dei pozzi che richiedono alti costi di gestione e una manutenzione che dipende



dall'esterno in quanto molti pezzi di ricambio di pompe o trivelle possono essere solo importate. Si conclude dicendo che sebbene le condizioni climatiche e geografiche dell'area siano avverse, coinvolgendo la popolazione in meccanismi virtuosi e utilizzando le tecnologie appropriate e le buone pratiche descritte è possibile fare fronte ai problemi di gestione della risorsa idrica in modo sostenibile sia a livello economico-sociale che ambientale.

11. Buone Pratiche per la gestione delle risorse idriche ed il risparmio energetico in ambito urbano.

Tra le Buone pratiche per la gestione delle risorse idriche in ambito urbano si vuole approfondire l'approccio LID (Low Impact Development). Negli Stati Uniti ed in Canada per LID si intende la progettazione urbana di piccole opere di ingegneria per gestire le acque piovane in modo sostenibile. Il Dipartimento di Ecologia di Washington ha definito il LID "onsite stormwater Management" mentre in Inghilterra un approccio analogo viene chiamato "Water-Sensitive Urban Design (WSUD)". LID è pensato per aree abitate che si trovano in zone con precipitazioni consistenti e rispettivi problemi di gestione delle acque, una situazione opposta a quella appena affrontata nel caso studio in Marocco.

In particolare il LID mira a conservare la risorsa idrica e a valorizzarne gli usi e a migliorarne le qualità. Nel LID le acque piovane vengono considerate come una risorsa da utilizzare piuttosto che un costoso problema di gestione da risolvere.

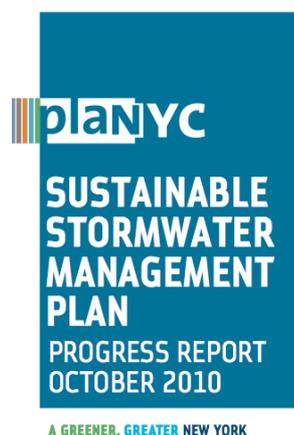
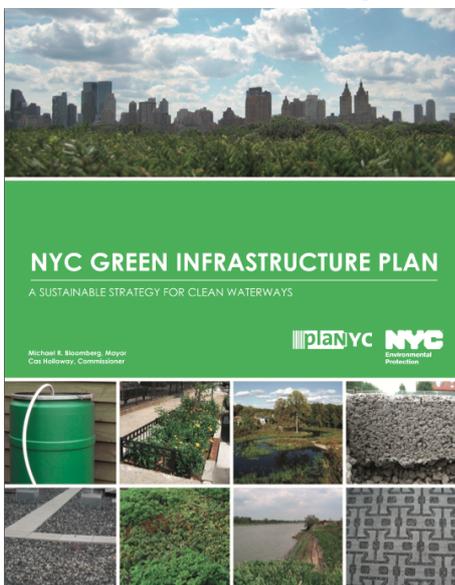
L'approccio è quello di realizzare nel contesto urbano, soluzioni ingegneristiche su piccola scala per replicare le condizioni naturali del bacino idrologico prima dell'urbanizzazione dell'area. L'obiettivo è quello di tornare al regime idraulico naturale del bacino idrografico. Per fare ciò si usano sistemi e si realizzano piccole opere tra cui le infrastrutture verdi (Green infrastructure). Queste opere mirano a favorire l'infiltrazione delle acque piovane nel terreno, l'evapotraspirazione, il trattamento dell'acqua vicino alla sorgente e il miglioramento della qualità delle acque tramite la filtrazione.

In particolare vengono utilizzati:

- **Tetti verdi**
- **verde verticale,**
- **Aree d'infiltrazione Giardini di pioggia (Rain Garden)**
- **Asfalti permeabili**
- **Orti Urbani**

Il principio che sta alla base di questi interventi è quello di aumentare le aree di permeabilità e aumentare il coefficiente di evapotraspirazione.

Infatti uno dei principali problemi per la gestione delle acque di pioggia in zone urbane è dovuto al fatto che una gran parte della superficie urbana è impermeabile e soggetta a scorrimento superficiale. Come vedremo la densità abitativa è uno dei fattori che renderà più difficile la gestione del deflusso. Creando delle zone a verde oltre a rallentare lo scorrimento superficiale, si diminuiscono di molto i volumi e si favorisce l'evapotraspirazione. Inoltre i sistemi verdi funzionano da filtro naturale che oltre a trattenere il particolato migliora la qualità delle acque.



Nel caso dei tetti verdi e delle pareti verdi, vi sono ulteriori benefici come le proprietà termoisolanti che favoriscono il risparmio energetico. I benefici apportati dai tetti verdi verranno approfonditi nei capitoli successivi.

Un altro aspetto molto importante che viene considerato dalle strutture verdi è quello di creare una rete degli interventi a verde. Creare una continuità tra gli interventi a verde è importante per vari aspetti:

- **Favorisce l'assorbimento e il deflusso delle acque**
- **Favorisce la biodiversità creando una nicchia ecologica chiusa**
- **Crea un percorso fruibile per la cittadinanza come un percorso pedonale o ciclabile.**
- **Crea una via di fuga per le aree soggette a calamità naturali o per le situazioni di emergenza.**

Gli spazi che connettono le zone verdi tra loro fanno parte dei Corridoi verdi.

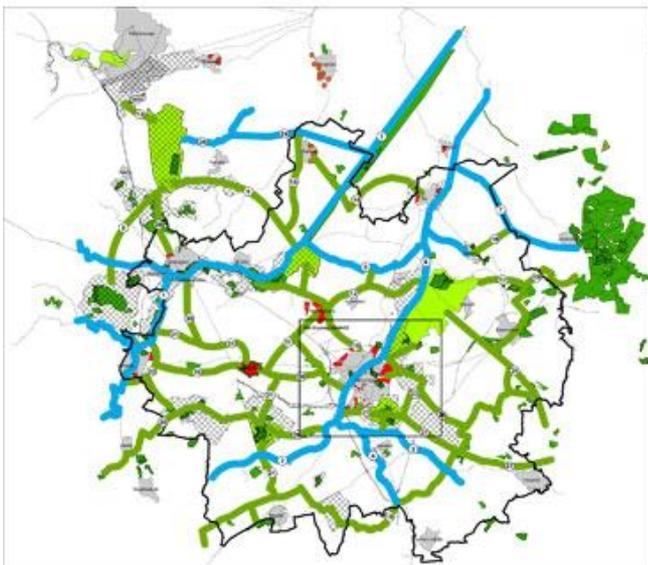
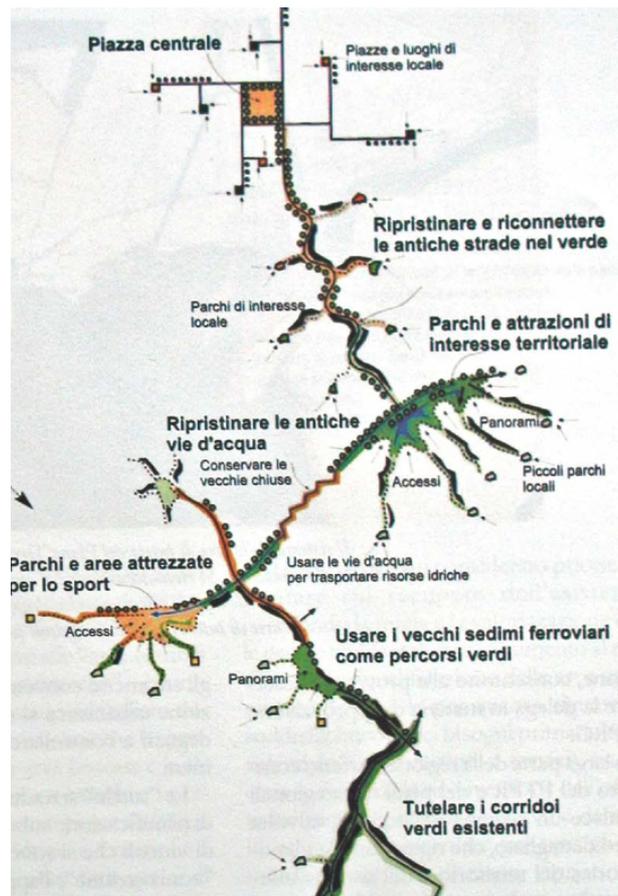
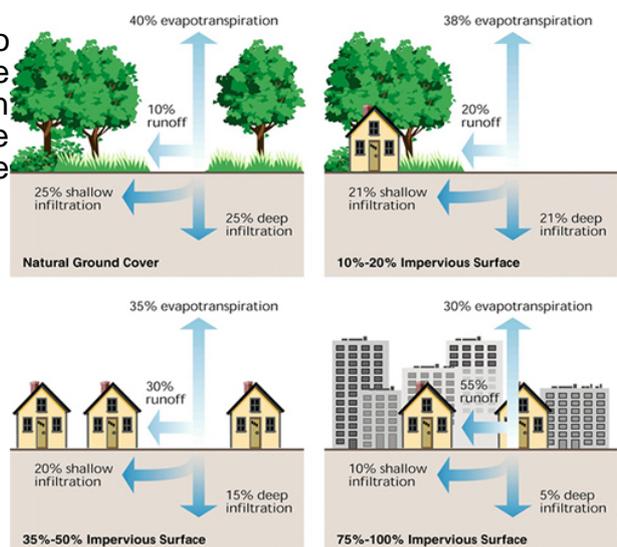


Illustration 4: Progetto di corridoio verde a Cambridge



Altre pratiche di gestione dei deflussi e del verde in area urbana viene da quello che si chiama Conservation design, anche chiamato Conservation Development. La conservazione delle aree verdi e delle superfici aperte non costruite fa parte di un modello di progettazione piu' legato alle zone periferiche e rurali ma che garantisce la buona gestione delle risorse.



Rain garden



I rain garden sono dei bacini di infiltrazione che sfruttano le pendenze per convogliare l'acqua piovana in delle zone realizzate allo scopo di favorire l'infiltrazione. Queste aree vengono spesso riempite con piante idrofile dalle caratteristiche ottimali per la depurazione delle acque come quelle utilizzate nei sistemi di fitodepurazione. Ma un giardino di infiltrazione progettato con un buon drenaggio puo' contenere qualsiasi tipo di pianta, persino alberi.

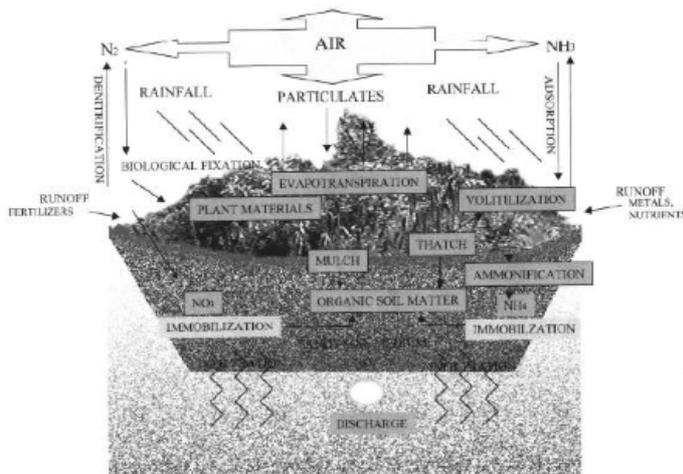


Figure A-1. Nitrogen cycle for bioretention

Nitrogen transformation formulas:



Compounds and elements defined:

NH ₃ Ammonia	NH ₄ Ammonium Ion
N ₂ Nitrogen Gas	NO ₃ Nitrates
NO ₂ Nitrites	2H Hydrogen Gas
2H ₂ O Water	O ₂ Oxygen

Nitrates are highly soluble and can infiltrate into and contaminate groundwater. To minimize this problem, an anaerobic area can be designed into a bioretention facility or can be lined to prevent infiltration.

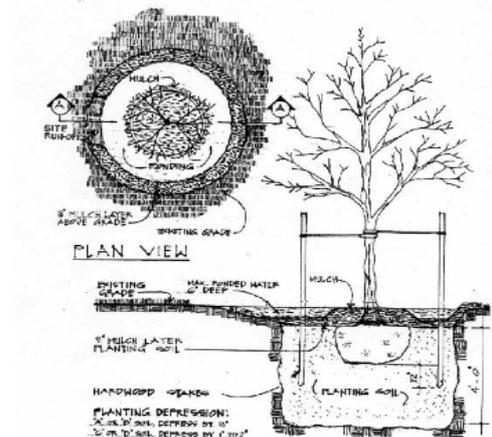


Figure 2.10. Tree pit bioretention

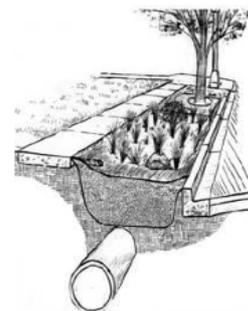


Figure 2.11. Tree-box area bioretention

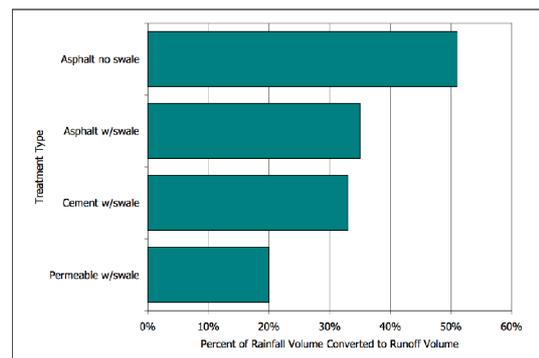


Figure 6: Percent of Rainfall Volume Converted to Runoff Volume for Events Less Than 2cm

Verde verticale. (Green Façades)

Si definisce giardino verticale una parete coltivata con piante specifiche. Queste sono fatte radicare in compartimenti tra due strati di materiale fibroso ancorato alla parete. Per garantire l'approvvigionamento idrico è previsto un impianto apposito posto tra gli strati.

Sono spesso realizzate in città, in particolare sulle superfici verticali degli edifici.

Oltre ad essere elemento distintivo dell'architettura verde, la realizzazione di una parete verde porta con sé alcuni vantaggi, andando a costituire una "seconda pelle" degli edifici:

Miglioramento dell'isolamento termico degli edifici, evitando l'irraggiamento diretto dei raggi solari sulla parete, che non si scalda e non irradia il calore all'interno.

Miglioramento dell'impatto estetico dell'edificio, anche nel confronto con gli edifici circostanti. Ci sono molti tipi di sistemi a verde verticale, il più conosciuto è quello brevettato da Le Blanc e che è stato utilizzato per diversi progetti architettonici importanti come la Nuova sede di CaixaForum di Madrid, progettata dal botanico Patrick Blanc, alto 24 metri e con un'ampiezza di 460 m² che ha avuto un forte riscontro mediatico.

Il modello di Le Blanc è un modello integrato che utilizza un pacchetto di strati di elementi simile a quello dei tetti verdi, la differenza è che usa un geotessuto e un feltro come strato di assorbimento e spesso integra un sistema d'irrigazione goccia a goccia tra l'isolante e il geotessuto.

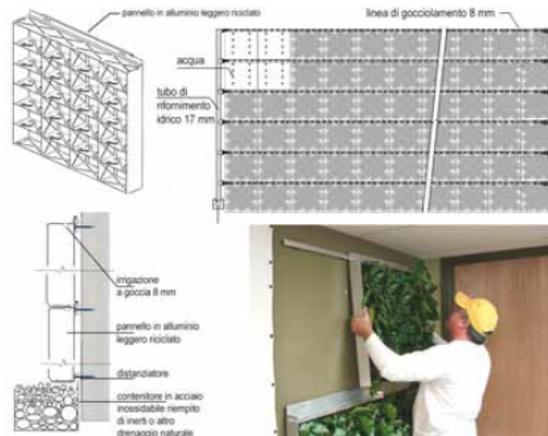


Verde verticale Integrato continuo (Brevetto Patrick Blanc):



Verde verticale modulare:

Ci sono vari tipi di verde verticale modulare, con diversi pesi e diverse capacità termiche, inoltre ci sono dei modelli integrati alla struttura edilizia e altri che si possono aggiungere in una seconda fase.

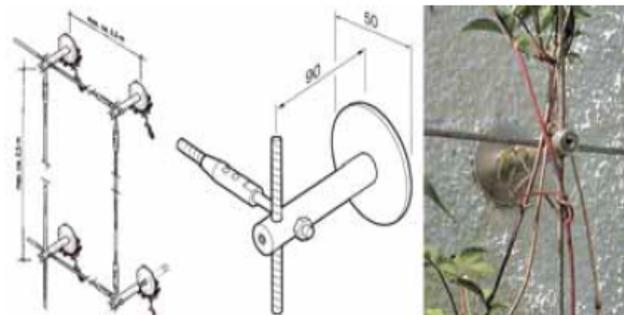
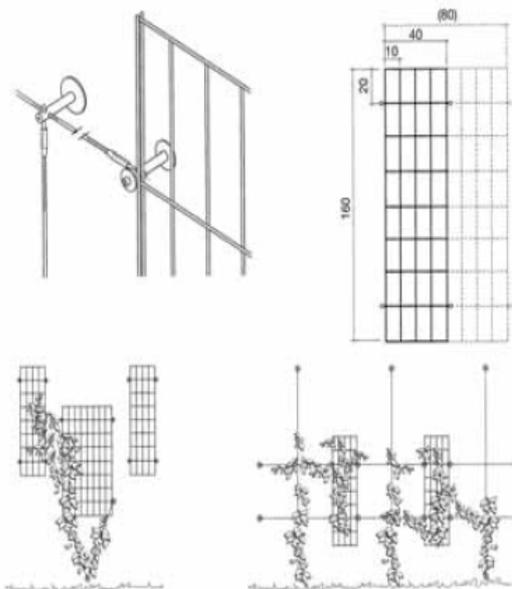


Caratteristiche del singolo modulo del muro Vegetalis®.

dimensioni del modulo	L 600 x P 85 x H 200 [mm]
peso	45 [kg/m ²]
assorbimento d'acqua del substrato	fino a 20 volte il suo peso
coefficiente di densità (substrato umido)	0,7
coefficiente di densità (substrato secco)	0,5
assorbimento acustico (CSTB)	fino a 18 [dBA] – Classe A4
distanza tra muro vegetale e muro edificio	60 [mm]

Verde verticale a doppia pelle:

Ci sono anche dei sistemi a verde che vengono realizzati su dei supporti a una certa distanza dalla parete esterna dell'edificio. Solitamente hanno un supporto di rete zincata che puo' essere connessa al muro o su una struttura a sé stante. Questi sistemi sono stati studiati di recente, per la loro capacità di creare un microclima a beneficio della struttura. Infatti si crea un'intercapedine tra la parete e lo strato di verde verticale che offre dei grandi vantaggi termici all'edificio in termini di mitigazione delle temperature dovute all'evaporazione delle piante e all'effetto scudo che lo strato verde fa nei confronti dei venti invernali e del sole estivo.



caratteristiche dimensionali delle reti in acciaio inossidabile

dimensioni standard della rete in acciaio inox	dimensioni della maglia della rete	distanza della rete dalla parete
160 x 40 [cm]	10 x 20 [cm]	9 [cm]
160 x 80 [cm]	10 x 20 [cm]	9 [cm]
160 x 32 [cm]	8 x 20 [cm]	15 [cm]

	distanza dei cavi dalla parete	spessore dello strato isolante
Ancoraggio su legno: vite piatta autofilettante in acciaio	9 cm	
Ancoraggio su calcestruzzo, muratura piena e materiali lapidei: vite interna, tassello e malta	9 cm	
Ancoraggio su mattoni forati e materiali lapidei calcari: tassello con protezione e malta	9 cm	
Ancoraggio su parete con isolamento a cappotto: vite con filettatura interna e riempitivo inerte	9 cm	8 cm
	9 cm	12 cm
	9 cm	14 cm

Caratteristiche materiche e dimensionali del singolo pannello modulare Green Living™ Wall.

materiale del pannello	alluminio leggero riciclato e inossidabile
dimensioni standard del pannello	L 60 x P 7,6 x H 60 [cm]
numero di celle del pannello	24
dimensione della cella	L 15 x H 10 [cm]
colore del pannello	argento
resistenza ai raggi UV	stabile UV
resistenza alle sostanze chimiche	si
configurazione geometrica	curvabile e dimensioni personalizzabili
garanzia del prodotto	perenne



Foto tratta da: *Behaviour of green facades in Mediterranean Continental climate*

G. Pérez a, L. Rincón a, A. Vila a, J.M. González b, L.F. Cabeza a,!

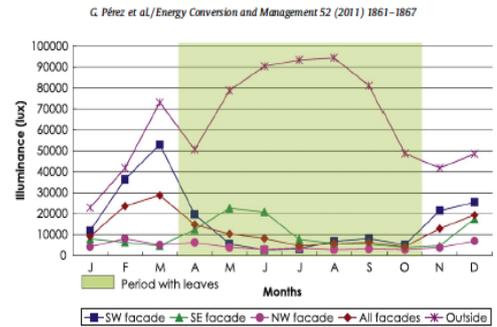


Fig. 4. Illuminance measured at the Golmés green facade, in 2009.

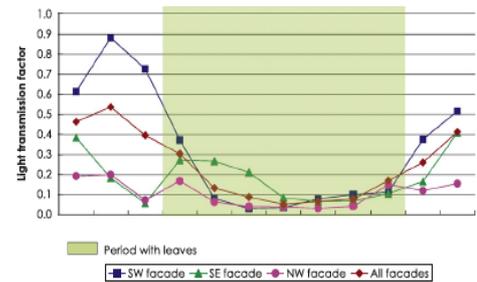


Fig. 5. Calculated light transmission factor for the Golmés green facade, in 2009.

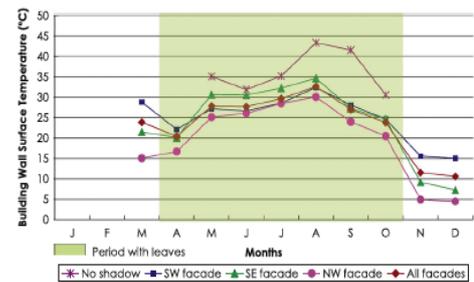


Fig. 6. Building wall surface temperature measured at the Golmés green facade, in 2009.

*Illustration 5: immagine tratta da :Behaviour of green facades in Mediterranean Continental climate*G. Pérez a, L. Rincón a, A. Vila a, J.M. González b, L.F. Cabeza a

12. Caso studio 2

Verde Verticale e altre infrastrutture verdi sperimentali.

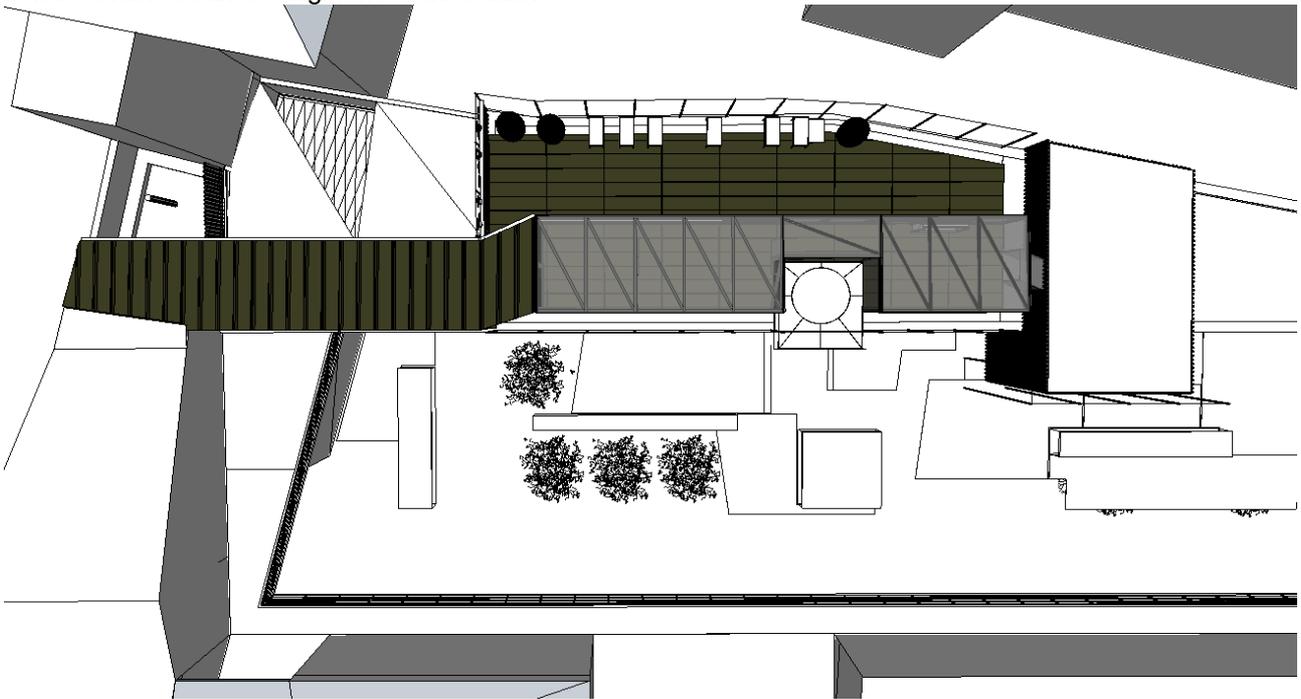
Il caso studio dell'ampliamento dello studio DDMMYY di Milano.

A riguardo dei sistemi a verde verticale a doppia pelle e delle infrastrutture verdi si riporta, in breve, un caso studio di progettazione da me effettuata di alcune opere a verde per l'espansione dello studio di architettura DDMMYY a Milano Lambrate.

Il progetto consiste nella realizzazione di una serra, di un giardino pensile, di una parte a tetto verde, pareti a verde verticale e una serie di dispositivi e infrastrutture verdi sperimentali. Il progetto mira ad essere un abaco di buone pratiche e innovazioni per il verde urbano aperto al quartiere, un manifesto dell'architettura sostenibile. Il progetto verrà presentato il prossimo aprile all'interno della fiera del mobile di Milano. Diverse metodologie e temi di ricerca legati alla sostenibilità e alla qualità ambientale vengono sperimentati e resi visibili al pubblico.

La serra è connessa alla struttura originaria dello studio e si espande sul tetto adiacente tramite una struttura in ferro e doppi vetri bassi emissivi.

E' stato progettato un sistema di verde verticale a doppia pelle che coprisse l'intera struttura della serra e anche l'edificio originario dello studio.



Come si vedrà più avanti la progettazione della doppia pelle è stata eseguita considerando i benefici ambientali e considerando delle esigenze architettoniche e di contesto.

Le tecnologie verdi a volte integrate nell'architettura e parte costituente della stessa e a volte dispositivi a sé stanti hanno un valore in primo luogo funzionale e in fine anche estetico. Al tema ornamentale si predilige la funzionalità e i benefici ambientali, con uno stile ben definito. Vengono considerati gli aspetti di risparmio energetico, di riutilizzo delle acque piovane, di contrasto ai cambiamenti climatici, di miglioramento della qualità dell'aria, dell'acqua, della biodiversità urbana e di riduzione del rumore. Per il progetto vengono usati anche materiali di riciclo e viene sviluppato il tema dell'orticoltura urbana. Sono state adoperate infatti tecniche di urban farming consolidate e di ricerca, quali l'integrazione di colture idroponiche con l'acquicoltura e l'orticoltura.

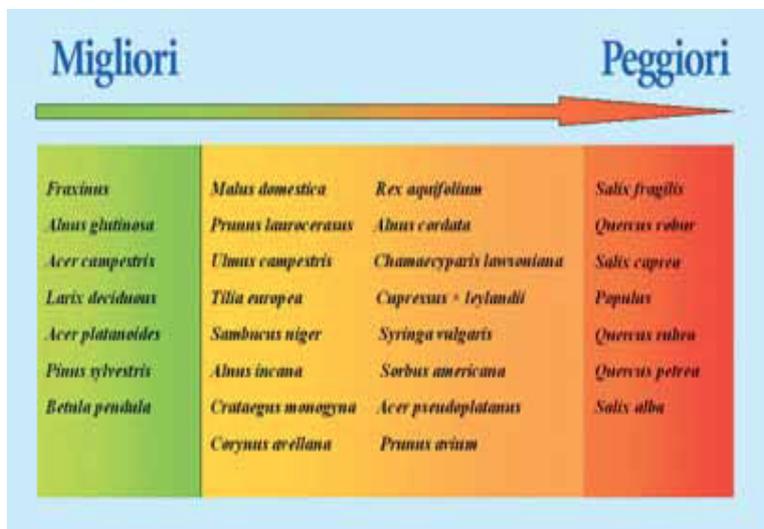
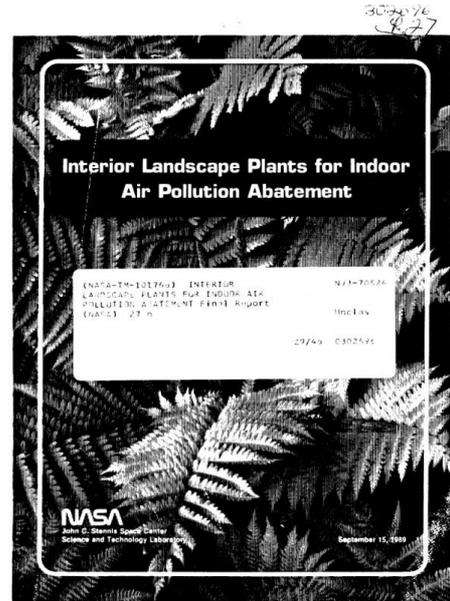
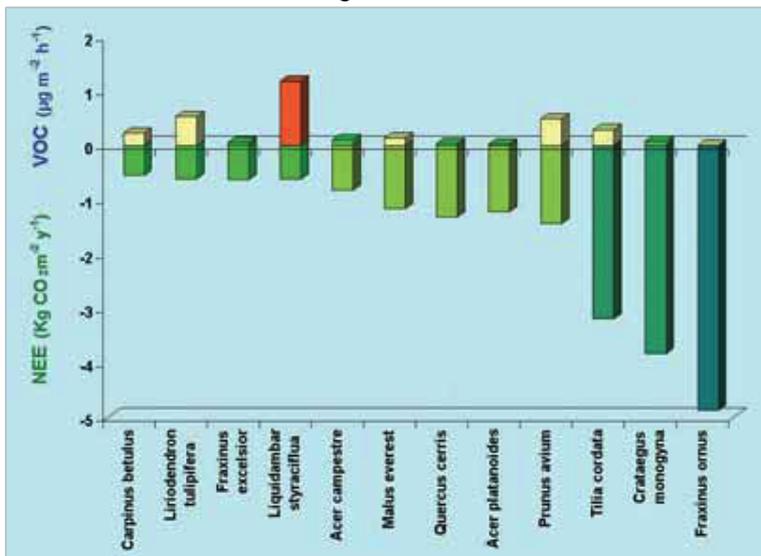
Il progetto è stato pensato in un ottica di benessere sia interno per chi utilizza questi ambienti che esterno in relazione al contesto urbano, il quartiere e la città. La

progettazione delle aree verdi è stata fatta sulla base di esigenze di progetto e ricerche scientifiche incrociate. Sono state ricercate le piante con la maggiore capacità di assorbimento di CO₂ e di trattamento degli inquinanti presenti in atmosfera. (in particolare sono stati considerate le recenti ricerche del CNR di Bologna e quelle precedenti condotte dagli scienziati della NASA). Con l'intento di valorizzarle sono state ricercate anche le specie locali in via di rarefazione che si adattano meglio al clima urbano ma sono poco utilizzate.

Sostenibilità del progetto:

La struttura della serra è stata progettata con vetri camera termici, con spessori di 8+8mm esterno, vetro sunergy e 6+6mm interno basso-emissivo con abbattimento delle radiazioni e buone capacità termiche. E' stato condotto un attento studio della situazione ambientale e del microclima dell'area e sono stati considerati gli studi piu' avanzati in termini dei benefici apportati dal verde verticale per l'involucro abitato. Per la scelta delle essenze in particolare si è tenuto conto di uno studio del CNR di Bologna sulle piante con maggiore capacità di sottrazione di CO₂ e con minore emissione di VOC (Volatile Organic Compounds) facendo particolare attenzione all'interazione di quest'ultime in un microclima urbano fortemente antropizzato. Per la progettazione del verde da interno sono state scelte le piante che, a secondo dello studio svolto dalla NASA (*interior landscape plants for indoor air pollution abatement*) riescono a purificare l'aria da diversi inquinanti comuni per gli interni delle abitazioni come il monossido di carbonio, il benzene, il tricloroetilene e la formaldeide.

Illustration 6: Dati CNR Bologna



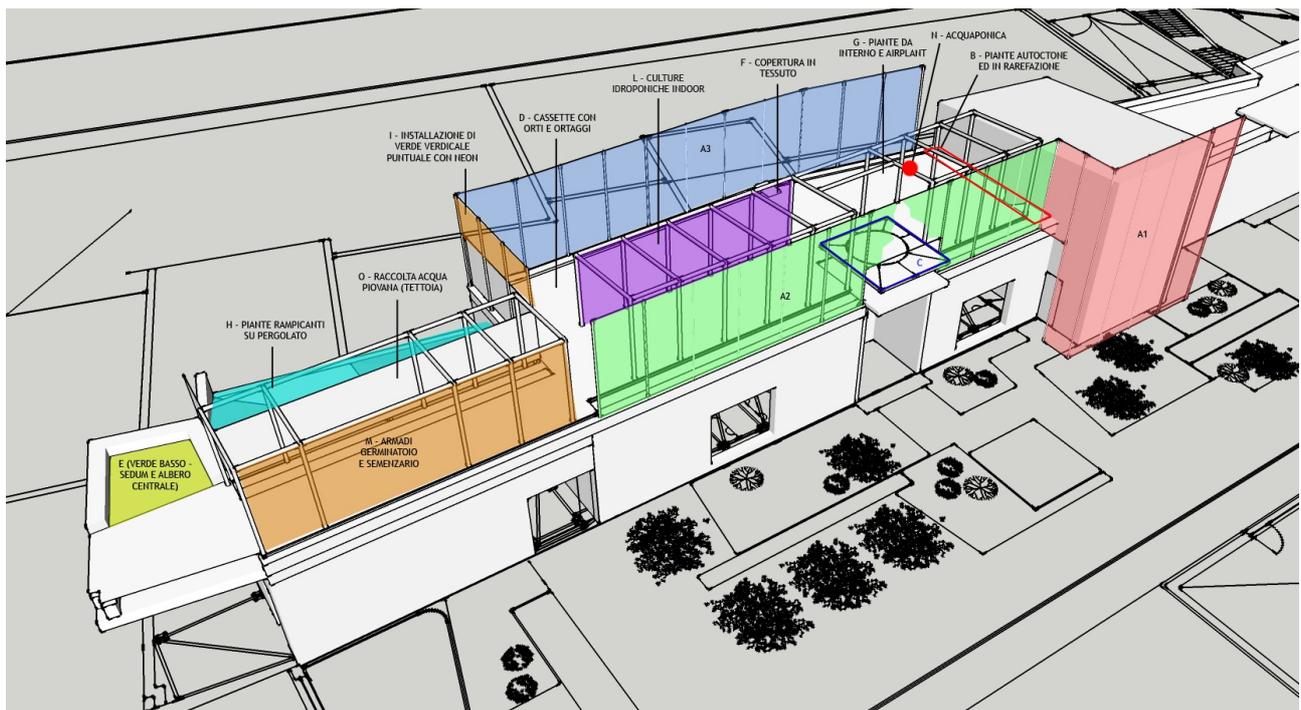
Sono stati condotti studi anche sulla flora autoctona in via di rarefazione, e sono state individuate le piante locali con i requisiti richiesti dagli studi sopracitati. Grazie all'aiuto di vivaisti specializzati è stato dedicato un settore della terrazza a piante locali (della regione Lombardia) in via di rarefazione. Un intervento che ha anche uno scopo culturale oltre che di preservazione della varietà di pianta in pericolo di estinzione. La progettazione delle aree verdi e delle tecnologie realizzate è stata influenzata anche dall'esigenza di autoproduzione ortofrutticola, nell'ottica "from field to fork", della filiera corta e dell'agricoltura urbana di sussistenza.

Il progetto vanta anche un sistema di raccolta d'acqua piovana che fornisce l'acqua necessaria a colmare il fabbisogno idrico di tutte le piante del terrazzo e della serra, capace di raccogliere fino a 71000 litri di acqua l'anno attuando un concreto risparmio idrico.

Inoltre la creazione di zone verdi permeabili aumenta il tasso di evapotraspirazione e ogni anno si sottraggono ingenti volumi di acqua alla rete fognaria facilitando i problemi legati alla gestione delle acque.

Le soluzioni tecniche e le buone pratiche realizzate nel progetto di verde pensile possono essere replicate in altri progetti adattandole alle esigenze e agli ambiti climatici. Inoltre gli interventi possono assumere scale diverse. Gli stessi principi applicati su piccola scala (edificio) possono essere replicati con le dovute valutazioni progettuali su scala di quartiere e urbana.

Osservando gli interventi realizzati nel giardino pensile si può avere un'idea dell'applicazione di tali tecnologie.



SETTORI:

A

Verde verticale a doppia pelle.

Sono state progettate delle pareti verdi come rivestimento dell'intero studio DDMMYYYY. Le pareti verdi hanno una struttura metallica con rete zincata tipo playground che funge da sostegno a diverse specie di piante rampicanti scelte per rivestire l'intera area laterale. Tale soluzione progettuale apporta molteplici vantaggi alla struttura. Le aree di verde verticale sono state divise in tre A1, A2, A3.

Le tre aree hanno diversa esposizione e un diverso ruolo nel progetto architettonico; per ognuna di queste sono state scelte appositamente diverse specie di rampicanti. La parete A1 è stata progettata per coprire la parete cieca in PVC dell'attuale studio. Per questa parete sono state scelte delle piante rampicanti a foglia caduca, non essendoci problemi di privacy. I rampicanti scelti crescono formando un manto compatto nella stagione estiva e primaverile, quando la struttura è sottoposta alla massima radiazione solare, questo strato verde ha un'azione di coibentazione e ombreggiatura che riduce le temperature massime considerevolmente, (da 5° a 15° C) con un notevole risparmio economico e di risorse per il condizionamento. Le pareti A2 e A3 sono rispettivamente il fronte sud est e nord ovest della struttura ed hanno una funzione di recinzione e schermatura, essendoci un'esigenza di privacy sono state scelte delle piante rampicanti sempreverdi. Visto i minimi delle temperature invernali sono state scelte piante che resistono a basse temperature (-15° la temperatura minima per la Clematis armandii, 0° C la temperatura minima per la Passiflora cerulea)

A1= parete fronte sud-est: 38 m² + fronte sud ovest: 18 m². Altezza 7,75 m

A2 = parete sud: 63 m², altezza 350 cm, 18 m lineari di sviluppo in pianta.

A3 = parete nord ovest: 63m² altezza 350 cm, 18 m lineari di sviluppo in pianta con una vasca terra 15 m²



Benefici ambientali delle soluzioni verdi progettata

Tra i vantaggi ambientali apportati dalle pareti verdi si elencano:

Mitigazione delle temperatura e dell'effetto isola di calore.

La superficie verde composta da piante rampicanti di varie specie ha un'azione mitigatrice delle temperature estive ed invernali. La copertura ha un effetto di ombreggiatura sull'edificio che in combinazione con l'evaporazione delle piante crea un microclima umido che riesce a mitigare sostanzialmente le temperature estive.

Inoltre la parete verde ha una funzione di schermatura del vento e ha un effetto di mitigazioni delle temperature minime nella stagione invernale.

Risparmio energetico.

Tale mitigazione delle temperature ha come conseguenza un notevole risparmio energetico per l'edificio, dovendo utilizzare in forma inferiore il riscaldamento invernale e in forma molto ridotta il condizionamento estivo. I maggiori benefici si hanno d'estate.

Miglioramento della qualità dell'aria.

La superficie verde, trattiene le polveri sottili oltre ad assorbire notevoli quantità di CO2 per effetto della fotosintesi.

Gestione delle acque:

La superficie verde è in grado di assorbire e trattenere considerevoli volumi d'acqua che vengono assorbiti dalla pianta o evapotraspirati in modo da ridurre i volumi di acqua destinati alla fognatura.

Mitigazione del rumore:

Le pareti verdi hanno un valore fonoassorbente che mitiga il rumore.

Disposizione delle specie di piante rampicanti scelte.

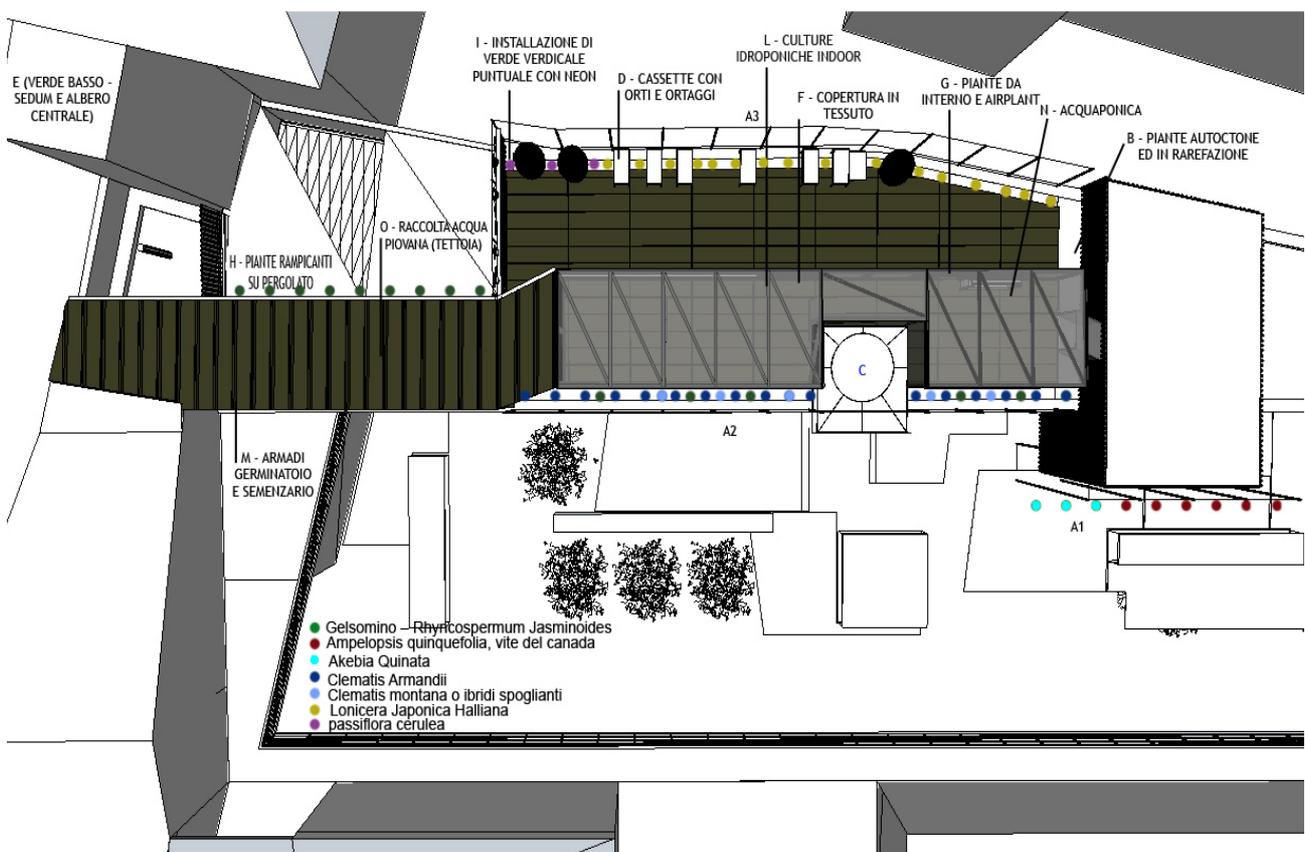


Illustration 7: Pianta dello studio DDMMYY disposizione delle specie rampicanti

B

Un abaco di piante autoctone in rarefazione.

Questo display è stato destinato alle piante autoctone della Lombardia, sono state scelte diverse specie di carice (*Carex flava*, *Carex Pendula*) e erbacee (*Armeria piantaginea*), *Rosa pimpinellifolia* considerate in rarefazione.

L'idea di questo settore è quello di preservare ecosistemi autoctoni e promuovere l'inserimento di queste specie in ambito urbano, su scala edificio e di quartiere.

C

Un modo da osservare:

Il display C è un simbolo. E' un'area poco accessibile dall'uomo ma ben visibile, la serra infatti circonda questo spazio, ben visibile dall'interno della struttura attraverso i vetri. Un'architettura rialzata dal livello del suolo con un design geometrico ed essenziale mostra un mondo nascosto, composto da piante macroscopiche e microscopiche: succulente, sempervivum, sedum, muschi e altre piante di piccole dimensioni. Uno spazio dedicato alla sperimentazione e all'osservazione. Un cerchio al centro in metallo ricorda la installazione di Richard long, capostipite della land art, ma su piccola scala.

D

Orti mobili. (mobile Urban farming)

Sono previsti dei volumi di terra su ruote, per la produzione di generi alimentari, in particolare insalata e ortaggi.



E

Tetto verde.

Questa zona è stata progettata per essere una zona di relax, la location riparata e non visibile dal resto della struttura è indicata per una zona a verde fornita di panche. Al centro della superficie è previsto un albero in vaso interrato, la superficie verrà ricoperta da diverse specie di sedum, sempervivum con un sistema a tetto verde. Il pacchetto di tetto verde scelto è di tipo intensivo leggero. Descritto nei paragrafi successivi che approfondiscono i tetti verdi. Questo tipo di copertura ha un effetto di coibentazione migliore degli isolanti tradizionali e inoltre allunga la vita del tetto.

- I) maggior durata,*
- II) possiede una elevata capacità isolante*
- III) il suo costo di realizzazione è spesso comparabile o di poco superiore a quello di coperture e pavimentazioni tradizionali.*

Le coperture verdi apportano diversi benefici diretti e indiretti per l'edificio e per l'ambiente urbano. I benefici verranno descritti nel capitolo che segue, sulle coperture a verde pensile.

F

Copertura Camouflage.

Tessuto di copertura regolabile per la schermatura dall'irraggiamento solare.



G

Progettazione di verde da interno e qualità dell'aria indoor.

Questa zona è all'interno della serra nella parte vicina all'entrata con lo studio, per quest'area sono state scelte una serie di piante da interno in base a quelle con migliori capacità di depurazione dell'aria da inquinanti indicate dallo Studio della NASA per la qualità dell'aria all'interno degli ambienti aereo spaziali. (Boston Fern (felci), Ruber plant Areca Palm (palme da interno), Marginata, Bamboo Palm)

H

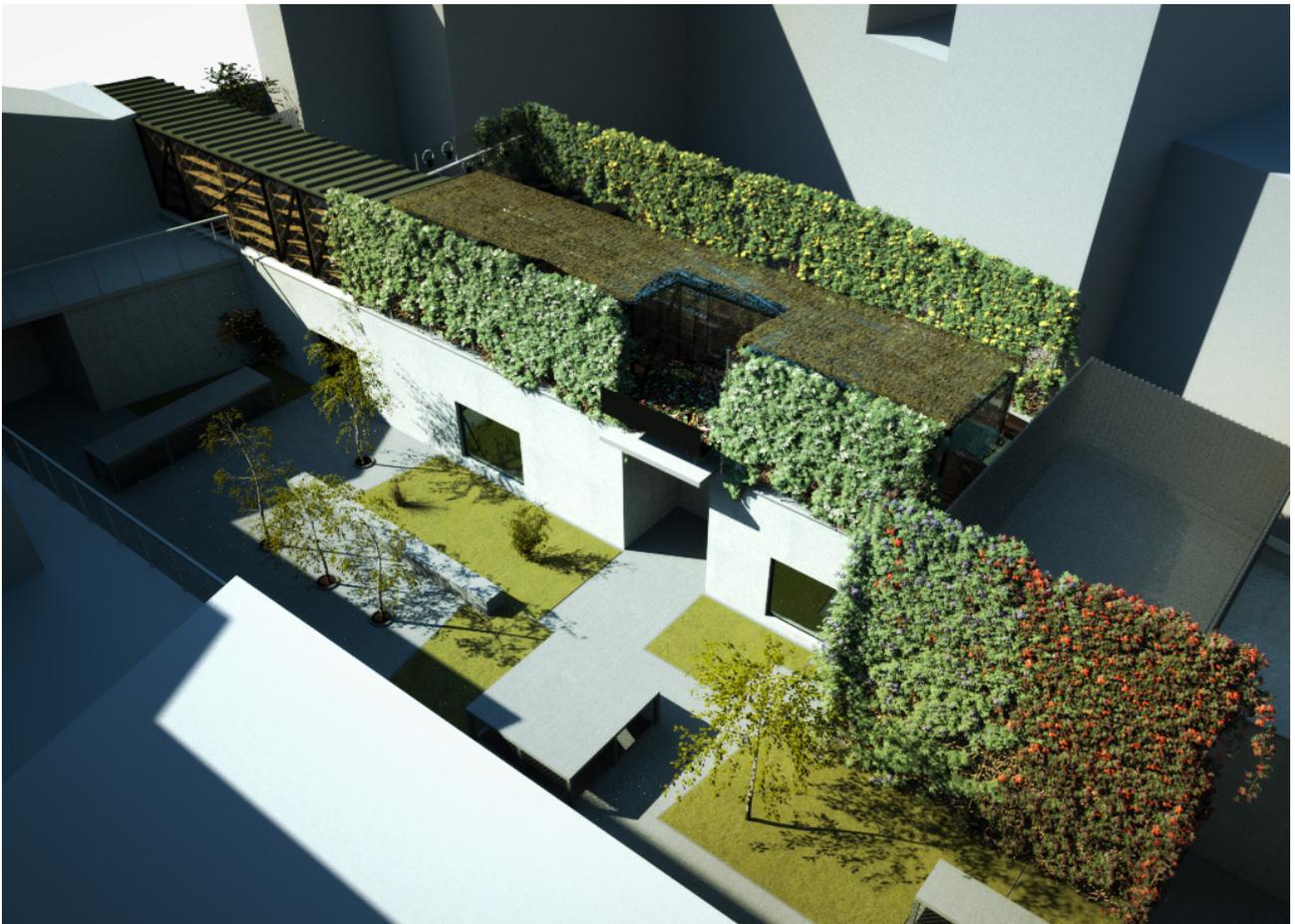
Schermatura verde

Copertura di verde su pergolato di cavi in alluminio anodizzato con Rhyncospermum jasminoides rampicante per privacy ed ombreggiature dell'abitazione sottostante.

I

Parete a verde verticale puntuale con punti luce.

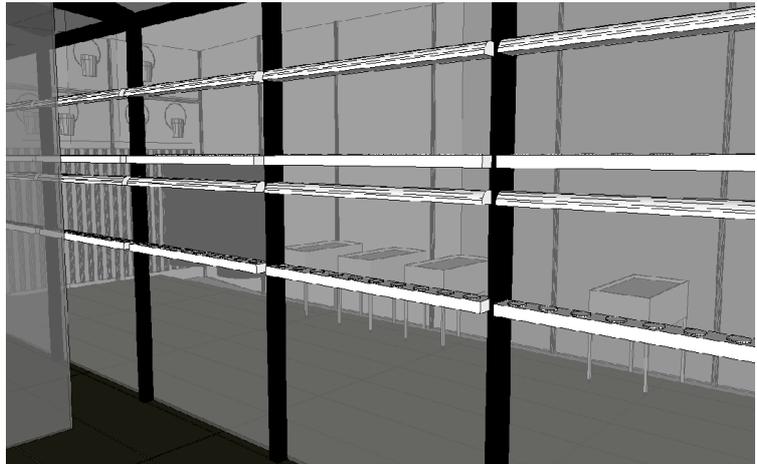
Sono state progettate tasche in feltro e materiale isolante come contenitore per piante officinali ed erbacee intervallati da punti luce di neon circolari. L'interazione tra il verde e il neon trae ispirazione dalle installazioni di Mario Merz.



L

Sistema idroponico.

In questo punto dello studio è stato progettato un sistema idroponico dimensionato appositamente per essere inserito tra i montanti della serra. Il sistema idroponico è composto da due file di canaline per un'estensione complessiva di 15 metri lineari e 110 punti pianta, le piante sono illuminate da due linee di neon con basso assorbimento con appositi riflettori parabolici. Inoltre una centralina elettronica monitora in continuo i valori di PH, conducibilità elettrica EC e solidi sospesi TDS, e regola i valori di concime in soluzione.



M

Armadio germinatoio.

In quest'area sono stati predisposti degli scaffali sia aperti che chiusi che hanno la funzione di germinatoi e di protezione delle piante dalle gelate invernali. Questo spazio è anche un comodo spazio per gli attrezzi per la manutenzione e il giardinaggio.

N

Sistema Acquaponico.

In questo settore è stato progettato un sistema acquaponico sperimentale che integra l'Idroponia con l'acquacoltura. Un impianto acquaponico utilizza l'acqua di scarico delle vasche, dove vengono allevati dei pesci, per irrigare gli speciali letti di crescita, privi di terra e concime, dove sono collocate le piantine da crescere. L'acqua è ricca di sostanze nutritive che vengono utilizzate dalle piante per il loro sviluppo, grazie alle ricche popolazioni batteriche, presenti nei letti di crescita, le sostanze di rifiuto si trasformano in importanti elementi di crescita assorbiti dalle radici vegetali. L'acqua così trattata in maniera naturale ritorna purificata nelle vasche per un nuovo ciclo. La tecnologia utilizzata permette un considerevole risparmio idrico grazie al sistema di filtraggio biologico e al ricircolo dell'acqua; è necessario rimboccare periodicamente solo l'acqua persa per i fenomeni naturali di evaporazione e traspirazione vegetale.



(Per Acquaponica si intende l'allevamento sinergico di vegetali e animali acquatici in un ambiente ecosostenibile. Tale pratica coniuga insieme l'Acquacoltura, ovvero l'allevamento di specie acquatiche quali i pesci e i crostacei, con la coltivazione Idroponica, ovvero la coltura di vegetali senza l'utilizzo della terra. E' il connubio perfetto tra due sistemi di produzione alimentare ben collaudati, che si integrano in una relazione di simbiosi naturale.

I vantaggi:

L'impianto è un'installazione ecocompatibile adatta alla produzione di alimenti completamente naturali; il sistema sviluppato permette di:

- Utilizzare l'acqua dell'allevamento animale, ricca di sostanze azotate e di altri nutrienti, per irrigare le piante potenziandone il tasso di crescita;
- Filtrare e purificare l'acqua di allevamento con un metodo naturale che ne consente il riutilizzo più volte, evitando così il suo scarico a perdere che rappresenta anche una fonte di inquinamento;
- Consentire l'allevamento di animali e piante in qualsiasi mese dell'anno;
- Integrare il reddito di aziende agricole con quello fornito dalla produzione ittica.)

Progetto di raccolta e stoccaggio dell'acqua piovana

I dati di pioggia utilizzati sono stati calcolati facendo la media delle precipitazioni mensili misurate a Milano presso la stazione idrologica di Milano Brera Duomo e di Milano Linate.

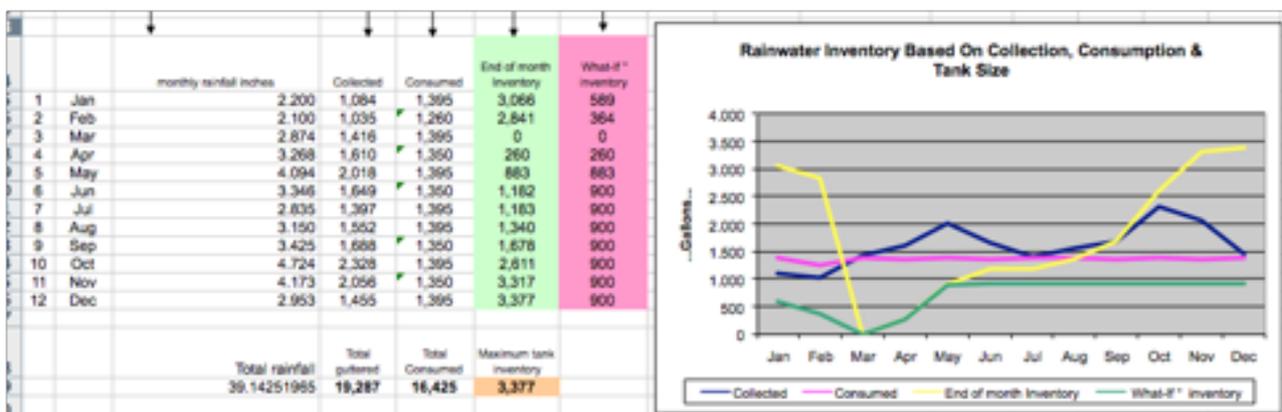
Per la raccolta dell'acqua piovana verrà utilizzata la superficie di 43 m² della tettoia.

Il coefficiente utilizzato per il calcolo dell'efficienza della raccolta dell'acqua piovana, che prevede il deflusso fuori grondaia e l'efficienza del filtro è di 0.85

In queste condizioni è possibile raccogliere più di 35700 litri

Nel caso venga utilizzata anche la superficie della serra, per un'area complessiva di 87 m² è possibile raccogliere più di 71000 litri

MILANO Brera Duomo ^[25]	Mesi												Stagioni				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
T. max. media (°C)	5,2	8,0	13,4	18,0	23,0	27,3	30,0	28,8	24,1	17,3	10,3	6,1	6,4	18,1	28,7	17,2	17,6
T. min. media (°C)	0,0	1,6	5,4	9,0	13,3	16,9	19,4	18,9	15,6	10,5	5,3	1,3	1	9,2	18,4	10,5	9,8
Precipitazioni (mm)	53	40	73	83	104	85	72	80	87	120	106	75	168	260	237	313	978
Giorni di pioggia (≥ 1 mm)	7	6	9	10	11	10	7	7	8	10	10	8	21	30	24	28	103
Eliofania assoluta (ore al giorno)	1,9	3,4	4,9	5,9	6,8	8,1	9,2	8,1	6,2	4,2	2,2	1,9	2,4	5,9	8,5	4,2	5,2
Vento (direzione-m/s)	NW	SE	SE	SE	SW	SW	SW	SE	E	E	SE	NW	2,3	2,7	2,5	2,3	2,5
	2,3	2,4	2,6	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,3	2,7	2,5	2,3	2,5



13. Tetti verdi. Le coperture a verde pensile.

Le origini:

Il verde pensile non è un'invenzione recente, sin dall'antichità si trovano esempi di strutture con verde pensile, basti pensare al Mausoleo di Augusto in piazza Augusto imperatore a Roma che risale al 29 a.c. Dal XV secolo, il verde pensile recupera l'aspetto estetico del periodo romano e viene utilizzato principalmente nell'ambito di ville e palazzi, come, ad esempio, la villa di Fiesole di Giovanni de' Medici (1451).



Nell'architettura contemporanea il verde pensile assume un ruolo che va oltre il lato ornamentale. Già nelle teorie e nelle applicazioni di Le Corbusier apparivano i primi concetti di benefici ambientali delle coperture a verde. Nel 1923 l'architetto propone l'utilizzo del verde nelle coperture piane quale elemento

funzionale ai fini abitativi, comprendendone da subito anche le potenzialità tecniche. Infatti Le Corbusier affermava che l'effetto delle coperture verdi era quello di "una massa termoregolatrice, in cui radici e sabbia lasciano filtrare l'acqua lentamente." Solo negli anni 90 i tetti verdi hanno assunto un ruolo più definito del costruito, soprattutto nel Nord Europa per le capacità riequilibranti delle temperature esterne. Oggi i tetti verdi sono riconosciuti oltre che dalla certificazione LEED anche dalle normative italiane e internazionali. Sono molte ormai le aziende che realizzano coperture verdi ed il mercato sembra essere in espansione.

Gli esempi più conosciuti di verde pensile contemporaneo sono l'Accademia delle Scienze della California (Renzo Piano, 1998-2008), la biblioteca dell'Università di Delft in Olanda (Mecanoo, 1993-95). L'espansione del Vancouver Convention Centre (DA/MCM + LMN Architect, 2009) la biblioteca pubblica di Des Moines (David Chipperfield, 2001-2006), la Villa One in Francia (Dominique Perrault, 1992-1995), e, in Italia, la sede del Sole 24 ore a Milano (Renzo Piano Building Workshop, 1998-2005) e la sede del villaggio olimpico a Sestriere (CASP Optigrun, 2004).



Le Coperture a verde.

Le coperture a verde si distinguono in coperture a verde estensivi ed intensivi. Negli ultimi anni si è anche voluta definire una categoria intermedia, le coperture a verde intensivo leggero.



Copertura a verde estensivo:

Sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali in cui sono poste, (generalmente costituite da Sedum, piante perenni, erbacee), richiedente minimi interventi di manutenzione. Le specie sono caratterizzate da una elevata capacità di insediamento, mediante efficienza riproduttiva, frugalità, resistenza agli stress idrici e termici, sia invernali sia estivi.

- hanno un ridotto spessore dello strato colturale, costituito in prevalenza da componenti minerali.

- gli inverdimenti estensivi vengono utilizzati particolarmente su coperture pianedi grandi dimensioni, in luogo delle usuali zavorre in ghiaia o delle eventuali pavimentazioni a secco o allettate.

Copertura a verde intensivo:

Sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali in cui sono poste, pur con il necessario ausilio di una manutenzione di intensità

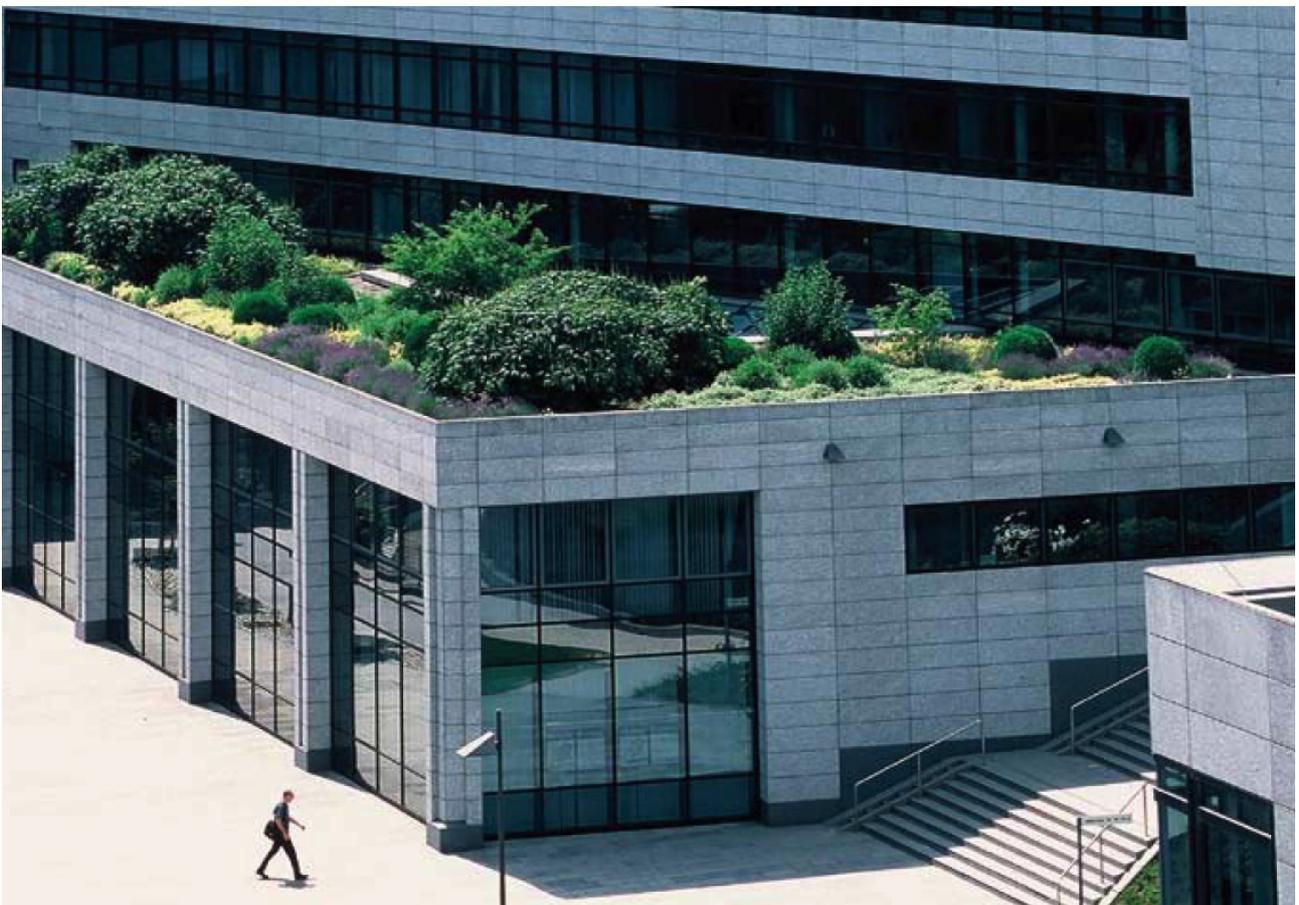
media-alta, in funzione delle associazioni di specie vegetali. (erbacee perenni, prative, suffrutici, cespugli, fino a comprendere anche alberi di medie o grandi dimensioni)

- sono caratterizzate da un continuo apporto energetico, pesi di un certo rilievo e costi più o meno elevati, sia di installazione sia di gestione;
- hanno uno strato di coltura può variare da un minimo di 15 cm ad un massimo di 50 –80 cm.

Copertura a verde intensivo leggero:

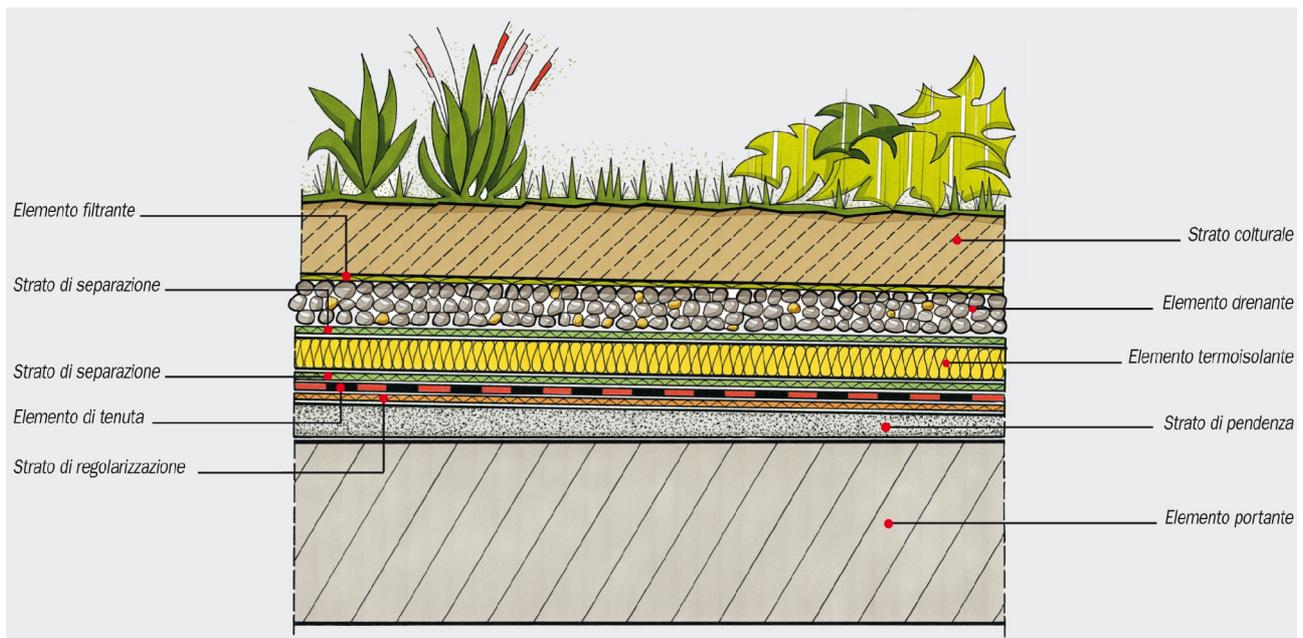
Questa categoria intermedia tra le coperture a verde estensivo e quello intensivo nasce da due necessità: la prima è la realizzazione di coperture verdi con una varietà più ampia di vegetazione, necessitando, quindi, di uno spessore di substrato maggiore; la seconda riguarda la limitazione del carico che grava sugli elementi strutturali.

Anche questo sistema è realizzabile con costi contenuti e necessita di operazioni di manutenzione piuttosto ridotte, se si effettua una scelta accurata delle specie vegetali.



Le categorie sono differenziate fondamentalmente dallo spessore del medium di coltura e dalla composizione della stratigrafia che costituisce la copertura e dalle specie vegetali.

I tetti verdi hanno una stratigrafia definita che può essere soggetta a variazioni in base alle esigenze progettuali. Come in altri sub sistemi edilizi, composti dall'aggregazione di più elementi, si possono individuare gli elementi primari che sono sempre presenti e gli elementi secondari che, insieme a gli impianti, possono variare a seconda delle particolari condizioni di contesto d'uso, di contesto climatico, di contesto merceologico o al fine di raggiungere la necessaria durabilità.



Dalla norma Uni 11235 del 2007

Gli elementi o strati primari di una copertura a verde sono:

- elemento portante;
- elemento di tenuta;
- elemento di protezione dall'azione delle radici (integrato o meno);
- elemento di protezione meccanica;
- elemento drenante;
- elemento di accumulo idrico;
- elemento filtrante;
- strato colturale;
- strato di vegetazione.

Gli strati secondari e gli impianti complementari componenti una copertura a verde sono:

- strato di barriera a vapore;
- strato di schermo al vapore;
- strato termoisolante;
- strato di pendenza;
- strato di regolarizzazione;
- strato di imprimitura;
- strato di continuità;
- strato di diffusione e/o equalizzazione delle pressioni di vapore;
- strato di irrigidimento o ripartizione dei carichi;
- strato di separazione e/o scorrimento;
- strato di protezione;
- strato di zavorramento;
- strato antierosione;
- impianti di irrigazione.

Gli elementi accessori di una copertura a verde sono:

- elementi di trattenimento dello strato colturale;
- elementi di trattenimento dell'elemento drenante;
- elementi di ancoraggio della vegetazione;
- elemento di barriera al fuoco

Descrizione degli elementi

Elemento portante

I materiali utilizzati devono essere quelli previsti dalla legislazione vigente in materia di strutture.

Strato termoisolante

La resistenza a compressione, alla deformazione massima del 10%, deve essere maggiore o uguale a 150 kPa (UNI EN 826). I sovraccarichi utili di progetto non devono trasmettere allo strato termoisolante carichi superiori al 70% del valore della resistenza a compressione dichiarata per lo specifico prodotto.

Elemento di tenuta

Sono date nel prospetto 5 indicazioni in merito rispetto alle più importanti caratteristiche che devono essere valutate nella scelta del prodotto. Tali caratteristiche non devono essere intese come elemento di comparazione di differenti famiglie di prodotti, in quanto esse sono di natura chimica differente e vengono valutate con metodi di prova che possono essere differenti.

Per la descrizione approfondita delle caratteristiche degli elementi di tenuta si rimanda alla normativa.

Caratteristica	Osservazioni	Norma di riferimento
Determinazione della stabilità dimensionale	Una elevata stabilità dimensionale è fondamentale nella fase di applicazione del manto impermeabile. Fintantoché non viene applicata la copertura a verde il manto può essere soggetto ad alte temperature sotto insolazione diretta ed è soggetto ad escursioni termiche giorno notte. Durante questo periodo, per evitare danneggiamenti meccanici, il manto non deve muoversi dalla sua posizione originale di posa e non deve essere soggetto a tensionamenti in corrispondenza dei punti fissi quali bordo del tetto, bocchette di scarico, elementi fuoriuscenti, ecc. Un manto di elevata stabilità dimensionale riduce al minimo il rischio di danneggiamento dovuto ai movimenti sopra indicati.	UNI EN 1107-1 UNI EN 1107-2
Determinazione della resistenza al carico statico	La caratteristica di resistenza al carico statico è importante per verificare che il manto resista, con adeguato margine di sicurezza, ai carichi (permanenti ed accidentali) previsti superiormente, che nel caso di coperture a verde intensivo possono essere molto elevati.	UNI EN 12730
Determinazione della piegabilità a basse temperature	Una elevata piegabilità a basse temperature è un elemento caratterizzante della buona qualità del materiale sintetico.	UNI EN 495-5 EN 1109
Determinazione della tenuta all'acqua	La resistenza a questa caratteristica risulta essere fondamentale per un manto impermeabile.	UNI EN 1928
Determinazione della resistenza alla penetrazione delle radici	Il manto può essere soggetto all'azione delle radici, è pertanto necessario verificarne la resistenza, se il sistema impermeabile non è a sua volta protetto da uno specifico elemento di protezione dalle radici. Qualora il manto svolga anche funzione di protezione all'azione delle radici, questa caratteristica è fondamentale.	prEN 13948 UNI EN 8202-24
Invecchiamento artificiale tramite esposizione a lungo termine ad elevate temperature	Una ridotta differenza tra i valori di prima e dopo la prova è indice di una propensione al mantenimento delle prestazioni nel tempo. La prova viene effettuata per una durata di 12 settimane.	UNI EN 1296
Resistenza ai microrganismi	Questa caratteristica È importante in quanto il manto può venire a contatto con microrganismi presenti nel terreno.	UNI EN ISO 846

Elementi bituminosi

Le membrane devono soddisfare i requisiti della UNI EN 13707.
Deve essere presente una dichiarazione del produttore sull' idoneità all'uso della membrana per l'applicazione in coperture a verde.

Elementi a base di materiale sintetico

Le membrane a base di materiale sintetico devono soddisfare i requisiti della UNI EN 13956. Deve essere presente una dichiarazione del produttore sull' idoneità all'uso della membrana per l'applicazione in coperture a verde.

Elemento di protezione all'azione delle radici

L'elemento di protezione all'azione delle radici deve superare la prova di resistenza all'azione perforante delle radici, secondo il prEN 13948 e la UNI 8202-24. I materiali correntemente utilizzati, sotto forma di membrana, sono i seguenti:

- bituminosi;
- poliolefine;
- polivinilcloruro.

Deve essere presente una dichiarazione del produttore sull' idoneità all'uso della membrana per l'applicazione in coperture a verde.

Nella quasi generalità dei casi l'elemento di protezione all'azione delle radici è integrato in quello di tenuta.

Per le caratteristiche specifiche degli elementi per la protezione delle radici si rimanda alla Normativa

Elemento di protezione meccanica

L'elemento di protezione meccanica ha la funzione di proteggere l'elemento di tenuta all'acqua dai danni che potrebbero derivare da carichi statici e dinamici applicati sia in corso di posa in opera della copertura a verde sia successivamente.

I materiali ed i prodotti normalmente utilizzati sono:

- georeti, geotessili, geocompositi;
- polistirene, con spessore minimo di 3 cm e resistenza a compressione >150 kPa, al 10% di deformazione massimo (UNI EN 826);
- calcestruzzo.

I materiali qui indicati non possono in alcun modo costituire l'elemento di protezione dall'azione delle radici.

Elemento drenante

Generalità

I materiali ed i prodotti normalmente utilizzati sono:

- aggregati granulari:
- pozzolana, pomice, lapillo, argilla espansa, perlite espansa, ardesia espansa, laterizi macinati, ecc.;
- prefabbricati;
- materiali geosintetici: geosintetici omogenei, geosintetici compositi, geostuoie, georeti, ecc.

Elemento drenante in aggregati granulari

Per elementi costituiti da aggregati granulari, le caratteristiche da valutare ai fini della corretta funzionalità sono le seguenti:

- permeabilità, determinabile secondo DIN 18035;
- resistenza al gelo, determinabile secondo UNI EN 1367-1;
- resistenza a compressione dello strato aggregato, secondo UNI EN 13055-1;
- valori di pH secondo UNI EN 13037:
- inverdimenti estensivi pH 6,5 - 8,0,
- inverdimenti intensivi pH 5,5 - 8,0;
- conducibilità elettrica, secondo UNI EN 13038:
- inverdimenti estensivi < 50 mS/m,
- inverdimenti intensivi < 40 mS/m.

Elemento drenante in elementi prefabbricati

Per elementi costituiti da pannelli, materassini, lastre e simili, le caratteristiche ai fini della corretta funzionalità sono le seguenti:

- capacità drenante sotto i carichi d'esercizio, determinabile secondo UNI EN ISO 12958. Le modalità di comportamento devono essere concordate tra le parti interessate;
- comportamento sotto carico nel tempo (creep di compressione), determinabile secondo UNI EN 18979). Le modalità di campionamento devono essere concordate tra le parti interessate.

Elemento drenante in materiale geosintetico

I geosintetici per drenaggio possono essere costituiti da elementi omogenei o da elementi compositi .

Per le caratteristiche specifiche degli elementi drenanti si rimanda alla Normativa

Elemento di accumulo idrico

I materiali normalmente utilizzati sono:

- aggregati granulari: pozzolana, pomice, lapillo, argilla espansa, perlite espansa, ardesia espansa, laterizi macinati, ecc.;
- elementi preformati.

Le principali caratteristiche delle stratificazioni a base di aggregati granulari, ai fini della corretta funzionalità, sono le seguenti:

- densità apparente, secondo UNI EN 13041;
- porosità totale, secondo UNI EN 13041;
- determinazione del volume commerciale, secondo UNI EN 12580;

- pH, secondo UNI EN 13037;

- controllo della fitotossicità;

- spessore alla pressione di 12 H/cm² secondo UNI EN ISO 9863-2. Le modalità di campionamento devono essere concordate tra le parti interessate;

- controllo della capacità di ritenzione idrica, secondo UNI EN 13041;

- controllo della curva di ritenzione idrica, secondo UNI EN 13041;

La principale caratteristica delle stratificazioni a base di elementi preformati, ai fini della loro corretta funzionalità, è il volume di acqua accumulata.

Elemento filtrante

Generalità

L'elemento filtrante può essere realizzato con i seguenti materiali e prodotti:

- aggregati granulari: pozzolana, pomice, lapillo, argilla espansa, perlite espansa, ardesia espansa, laterizi macinati, ecc.;

- geosintetici [geotessili nontessuti o tessuti e prodotti affini (per esempio biotessili ecc.): geotessili contessuti e prodotti affini (per esempio biotessili), ecc.

L'elemento filtrante deve permettere la penetrazione da parte degli apparati radicali.

Le principali caratteristiche sono indicate nel seguito, specificamente per ogni tipologia.

Elemento filtrante in aggregato naturale

L'elemento filtrante in aggregato naturale granulare può essere realizzato rispettando le seguenti indicazioni:

- curva granulometrica:

AB 0/8 – AB 0/16 mm

fuso secondo DIN 1045-1

verifica con i seguenti setacci:

a rete: 0,063 mm; 0,125 mm; 0,25 mm; 0,5 mm; 1,0 mm;

in lamiera punzonata a fori quadrati: 2,0 mm; 4,0 mm; 8,0 mm; 16,0 mm; 32,0 mm;

- regola dei filtri:

- STDS 15 /STV 85 5
- STDS 15 /STV 15 5
- STDS 50 /STV 50 25
- STD 15 /STDS 85 5
- STD 15 /STDS 15 5
- STD 50 /STDS 50 25

dove:

STDS strato dinamico D-15 della frazione granulometria al 15% in massa;

STV strato vegetale D-85 della frazione granulometria al 85% in massa;

STD strato drenate D-50 della frazione granulometria al 50% in massa.

Elemento filtrante in geosintetici

L'elemento filtrante in geosintetici ai fini della sua corretta funzionalità deve avere le seguenti caratteristiche:

- resistenza al punzonamento statico $>1,1$ kN, determinabile secondo UNI EN ISO 12236;
- resistenza alla trazione longitudinale $>7,0$ kN/m, determinabile secondo UNI EN ISO 10319;
- resistenza alla trazione trasversale $>7,0$ kN/m, determinabile secondo UNI EN ISO 10319;
- deformazione al carico di esercizio longitudinale $<35\%$, determinabile secondo UNI EN ISO 10319;
- deformazione al carico di esercizio trasversale $<35\%$, determinabile secondo UNI EN ISO 10319;
- apertura caratteristica dei pori O_{90} 0,10 mm - 0,20 mm, determinabile secondo UNI EN ISO 12956 ;
- resistenza all'ossidazione $<80\%$, determinabile secondo UNI EN ISO 13438;
- resistenza agli agenti microbiologici $>80\%$, determinabile secondo UNI EN 12225.

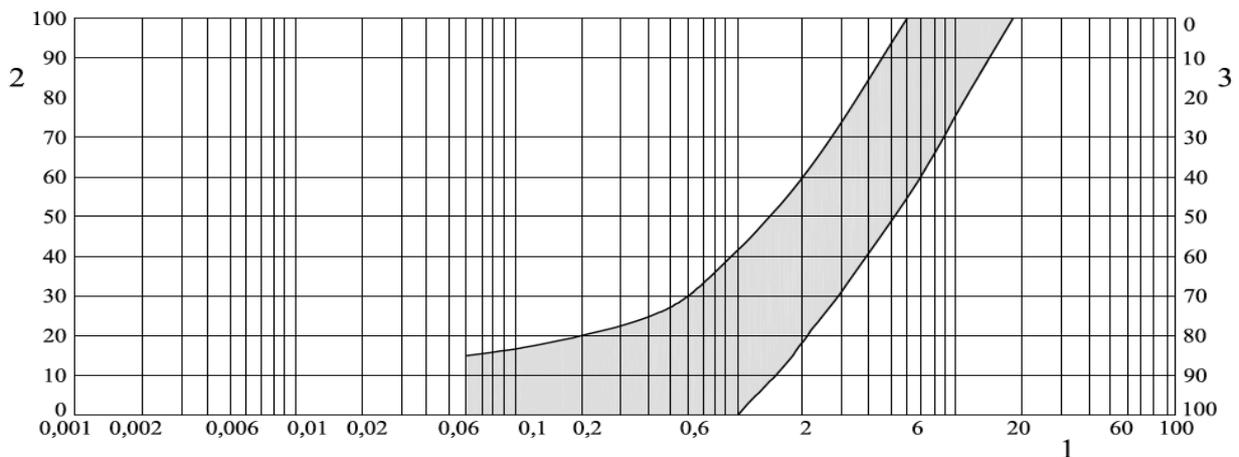
strato colturale

Lo strato Colturale è lo strato avente la funzione di sostenere lo sviluppo vegetale di una copertura a verde.

Le caratteristiche principali da considerare ai fini della corretta funzionalità dello strato colturale sono le seguenti:

- densità apparente > 350 g/l $< 1\ 000$ g/l, secondo UNI EN 13041;
- distribuzione granulometrica, determinabile in base ai fusi nei grafici che seguono.

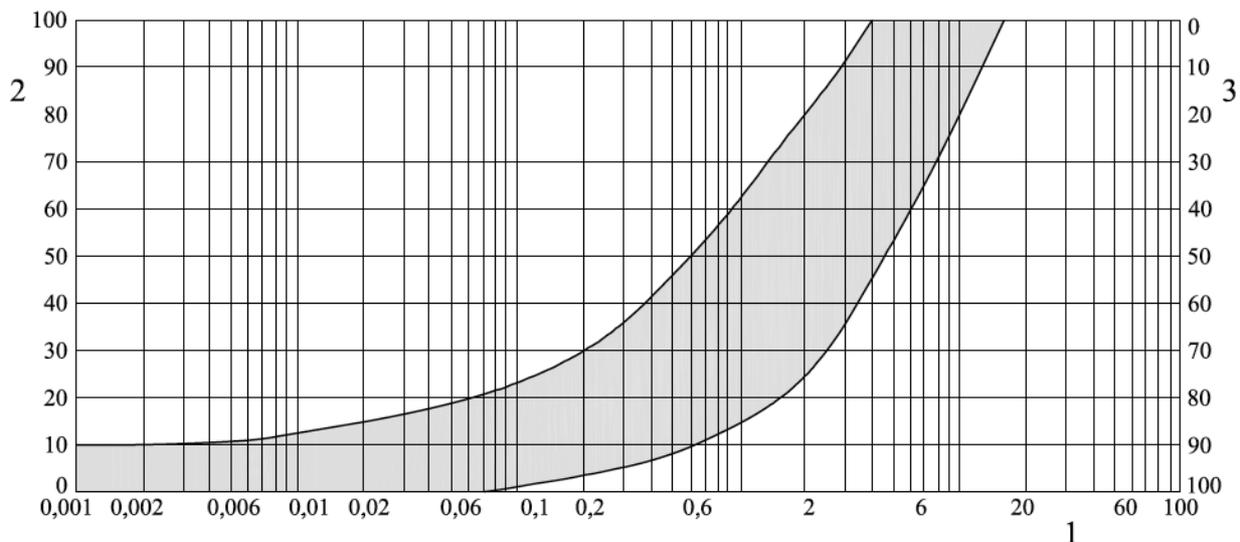
Fuso granulometrico per coperture estensive.



Fuso granulometrico per coperture estensive

Legenda

- 1 In ascisse il diametro delle particelle in millimetri
- 2 In ordinate, a sinistra il passante in percentuale
- 3 In ordinate, a destra il trattenuto in percentuale



Fuso granulometrico per coperture intensive

Legenda

- 1 In ascisse il diametro delle particelle in millimetri
- 2 In ordinate, a sinistra il passante in percentuale
- 3 In ordinate, a destra il trattenuto in percentuale

Contenuto di macroelementi

	Valori limite
Azoto minerale (nitrico N-NO ₃ + ammoniacale N-NH ₄)	<50 mg / l
Fosforo solubile (P ₂ O ₅)	<30 mg / l
Potassio solubile (K ₂ O)	<20 mg / l
Magnesio solubile (Mg)	<10 mg / l
Calcio solubile (Ca)	<20 mg / l
Sodio solubile (Na)	<15 mg / l

- valori di pH:
 - piante acidofile: 4 pH <5,5 determinabile secondo UNI EN 13037;
 - piante non acidofile, negli intensivi, 5,5 pH < 8,0 determinabile secondo UNI EN 13037;
 - piante non acidofile, negli estensivi, da 6,5 pH a <8,0 determinabile secondo UNI EN 13037;
 - fitotossicità, (vedere [2] in Bibliografia);
 - sostanza organica, in massa determinabile secondo UNI EN 13039:
 - coperture estensive:
 - substrati con densità 0,8 g/cm³ : 8%;
 - substrati con densità >0,8 g/cm³ : 6%.
 - coperture intensive:
 - substrati con densità 0,8 g/cm³ : 12%;
 - substrati con densità >0,8 g/cm³ : 6%.
 - capacità di scambio cationico strati per coperture intensive >12 meq/100 g, (vedere nota [1] in Bibliografia);
 - capacità di scambio cationico strati per coperture estensive >8 meq/100 g, (vedere nota [1] in Bibliografia).
- I terreni naturali difficilmente possono soddisfare i requisiti necessari per il corretto funzionamento di una copertura a verde. In genere essi sono ammendati e corretti

chimicamente.

Normalmente oggi sono utilizzate miscele di vari materiali, costituiti da uno o più componenti minerali ed organici, detti "substrati", che assolvono specificatamente alle funzioni predefinite.

strato di vegetazione:

Per strato di vegetazione si intende la parte epigea dei vegetali (rami, foglie) che ricoprono la superficie dello strato colturale e parte ipogea dei vegetali (apparati radicali, bulbi, rizomi, tuberi, ecc.), situati all'interno dello strato colturale. Per le coperture estensive le specie vegetali correntemente utilizzate sono erbacee, erbacee perenni ed arbusti coprisuolo. Tra queste, offrono elevata rispondenza alle aspettative progettuali molte specie erbacee, particolarmente frugali e resistenti, con caratteristiche di grande resistenza agli stress termici ed idrici fra le quali numerose specie ascrivibili al genere *Sedum* ed ad altri generi e famiglie analoghe.

Per le coperture intensive le specie vegetali correntemente utilizzate sono erbacee, erbacee perenni, arbusti, suffrutici, cespugli, alberi, similmente alle realizzazioni a verde di tipo tradizionale.

Non vi sono particolari limiti all'utilizzo di specie vegetali, le cui caratteristiche devono comunque essere congruenti con il contesto climatico del luogo e la specifica soluzione tecnica.

Tabella Spessori minimi dello strato colturale per tipo di vegetazione

Tipo di vegetazione	Spessore dello strato colturale (cm)							
	8	10	15	20	30	50	80	100
Sedum								
Erbacee perenni a piccolo sviluppo								
Grandi erbacee perenni, piccoli arbusti tappezzanti								
Tappeti erbosi								
Arbusti di piccola taglia								
Arbusti di grande taglia e piccoli alberi								
Alberi di III grandezza								
Alberi di II grandezza								
Alberi di I grandezza								

Categorie di coperture a verde

I tipi di tetti verde si distinguono in verde intensivo e verde estensivo.

Ultimamente si parla inoltre di altre due sottocategorie il verde estensivo leggero e il verde intensivo leggero. Le categorie sono differenziate fondamentalmente dallo spessore del medium di coltura. I tetti verdi hanno una stratigrafia definita che può essere soggetta a variazioni in base alle esigenze progettuali. I tetti verdi estensivi in oltre possono essere a letto continuo o modulari, ovvero suddivisi in placche autonome che semplificano il lavoro di installazione e trasporto a spese dei costi che sono più elevati.

TIPO	Spessore medio stratigrafia	Peso	Manutenzione hr/m ² /year	Accumolo idrico	Alimentazione
Verde estensivo	10-15 cm	60-150 kg/m ²	Bassa < 0,02	40-60 l/m ²	Precipitazioni naturali. Nelle zone soggette a discrete precipitazioni.
Verde intensivo leggero	13-20 cm	120-180 kg/m ²	Medio-alta 0,021 ÷ 0,06	50-80 l/m ²	Si richiedono specifici impianti a goccia o pioggia.
Verde intensivo	20-40 cm	180-380 kg/m ²	Alta > 0,06	80-150 l/m ²	Si richiedono specifici impianti a goccia o pioggia.



Tecniche costruttive dei tetti verdi.

Come premessa è importante dire che dipende molto dalle zona d'intervento e dai fini dell'intervento.

Come detto piu' volte la zona d'intervento è fondamentale per una questione climatica e di gestione delle risorse, infatti i tetti verdi non sono adatti a tutte le aree climatiche, per esempio sono sconsigliati nelle zone con carenze idriche. Per questo il primo passo della progettazione è quello di fare un'analisi del contesto.

Analisi del contesto

Il contesto è analizzato dal punto di vista climatico e territoriale, in relazione alla definizione dello schema funzionale della copertura e della tipologia vegetativa.

L'analisi del contesto permette di identificare, in maniera qualitativa, le variabili che possono influenzare, in particolare, la tipologia della vegetazione.

Le specie vegetali risentono in maniera sensibile del contesto climatico.

La loro scelta deve quindi tenere conto delle caratteristiche del sito, come per esempio:

- radiazione solare per l'effetto luminoso e termico (temperatura media giornaliera dell'aria, escursione termica giornaliera, escursione termica annua);
- idrometeorie (umidità, precipitazioni);
- atmosfera (composizione atmosferica, vento);

Per una corretta progettazione è opportuno avere a disposizione dati statistici che coprano un periodo di almeno 20 anni.

A titolo orientativo, può essere utile fare riferimento agli areali fitoclimatici.

E' inoltre da considerare che, più ci si discosta dalle condizioni ottimali per la crescita di una specie vegetale, maggiore è la necessità di apportare energia al sistema, sia in fase costruttiva sia in fase manutentiva.

Altre condizioni particolari devono essere necessariamente valutate caso per caso.

In relazione al contesto territoriale devono essere verificati:

- esposizione solare delle specie vegetali e presenza sulla copertura di superfici contigue riflettenti (pareti vetrate, superfici continue chiare) che provocano variazioni dell'irraggiamento solare sulle specie vegetali o zone d'ombra. Deve anche essere tenuta in considerazione l'influenza dello sviluppo delle specie vegetali presenti sia in copertura sia nelle immediate vicinanze, con particolare attenzione allo sviluppo in altezza;

- venti prevalenti: producono forti sollecitazioni sulle specie vegetali. Di conseguenza devono essere valutate le caratteristiche delle chiome, e dell'altezza delle specie vegetali, la capacità di ancoraggio dell'apparato radicale, l'elasticità del fusto e dei rami;

I venti prevalenti devono essere valutati anche in relazione ad edifici vicini che possono potenziare o depotenziare l'intensità dell'azione. Deve essere anche considerata la possibilità di utilizzare sistemi di ancoraggio temporanei o permanenti;

- carichi di neve: producono forti sollecitazioni sulle specie vegetali. Di conseguenza devono essere valutate le caratteristiche delle chiome e dell'altezza delle specie vegetali, la capacità di ancoraggio dell'apparato radicale, l'elasticità del fusto e dei rami;

- emissioni di aria o di fumi da impianti tecnici: possono provocare un rapido degrado



delle specie vegetali. Deve essere valutata la possibilità di impiego di specie sempreverdi, molto frugali, con apparato fogliare consistente. Nel caso di utilizzo di specie arbustive quale mascheramento di volumi tecnici di questo tipo, la profondità della specie vegetale deve essere tale da sopperire ad eventuali decadimenti estetici degli apparati fogliari esposti ai flussi di aria (per esempio, siepe a doppio filare);

- esposizione alla salsedine: può provocare degrado delle specie vegetali. Deve essere valutata la possibilità d'uso di specie vegetali con forte resistenza, sia al contatto con la superficie fogliare, sia alla concentrazione salina nello strato colturale. La scelta di queste specie è obbligatoria, ad eccezione dei casi nei quali sono previsti apporti esterni quali l'irrigazione per aspersione con lavaggio delle superfici fogliari, l'aumento delle quantità di irrigazione, l'aumento di sostanza organica nello strato colturale;
- inquinamento da polveri: può provocare degrado delle specie vegetali. Deve essere valutata la possibilità di aumentare la biomassa del sistema e di effettuare interventi manutentivi atti a ridurre gli effetti sull'apparato fogliare, quali l'irrigazione per aspersione e il lavaggio delle superfici fogliari;
- specie vegetali presenti nel contesto: ne deve essere valutata la compatibilità con quelle che si sono previste in progetto.

È importante tenere conto, per quanto possibile, anche dell'evoluzione temporale del contesto edilizio, urbano e vegetazionale (costruzioni di nuovi edifici, infrastrutture, crescita di alberi confinanti, ecc.).

Scopi

Mentre è anche importante fare una panoramica sugli scopi, oggi i tetti verdi vengono progettati per diverse ragioni che si possono riassumere in:

- **Riqualificazione architettonica**
- **Creazione di nuovi spazi di relax**
- **Miglioramento della qualità ambientale dell'ambiente confinato**
- **Modifica delle condizioni ambientali dell'intorno urbano**
- **Riduzione dell'impatto visivo della copertura**

Ognuno di questi obiettivi è, evidentemente, integrabile ad altri: si tratta di definire una o più priorità, ovviamente l'obiettivo di questa ricerca è focalizzato sul miglioramento della qualità ambientale su scala edificio ma soprattutto su scala urbana, gli altri benefici ovviamente sono considerati importanti ma in questa sede saranno temporaneamente tralasciati.

Progettazione degli elementi o strati

Generalità

Sono di seguito date indicazioni per gli elementi o strati maggiormente significativi per le coperture a verde e compatibilità fra gli strati. In tutti i casi è importante tenere conto, per quanto possibile, delle eventuali modifiche di destinazione d'uso della copertura a fronte di nuove esigenze.

In questa relazione si tralasciano gli aspetti legati alla progettazione degli elementi portanti, di tenuta e di protezione meccanica a cui si rimanda alle apposite normative. Si menziona solo che è importante determinare il peso a m² delle stratificazioni realizzate e considerate anche ulteriori carichi dinamici a seconda anche dell'uso a cui è destinato il tetto verde. Anche per la progettazione dell'elemento termoisolante si rimanda alle normative e alla letteratura in materia.

Invece si vuole dare spazio alla progettazione dello strato drenante.

Progettazione dell'elemento drenante

Generalità

Il requisito generale che deve essere richiesto a tale elemento è la capacità drenante

delle acque di origine meteorica o di irrigazione.

Esso è richiesto sia in parte corrente sia in zone localizzate della copertura dove il carico di acqua è maggiore, come, per esempio, i bordi perimetrali.

Per sistemi senza accumulo la caratteristica che deve essere controllata è la portata idraulica, che deve essere tale da evitare la formazione di battenti idrici in normali condizioni d'uso.

Le tipologie correntemente utilizzate sono:

- aggregati granulari;
- elementi prefabbricati (elementi preformati, geosintetici).

In alcuni casi l'elemento drenante svolge anche la funzione di accumulo idrico: in questo caso esso deve assolvere anche alle caratteristiche richieste per la sopra citata funzione. Per la scelta dell'elemento drenante idoneo è necessario determinare la portata idraulica Q richiesta allo strato drenante, procedendo come segue.

Data la piovosità massima annua dell'evento, j , con un periodo di ritorno di almeno 20 anni, dove:

$$j [mm/h] = h / t \quad (1)$$

dove:

h [in millimetri] altezza della precipitazione;

t [in ore] durata della precipitazione;

la portata idraulica specifica (per unità di area) è:

$$q [m^3/s m^2] = 2,777 \times 10^{-7} \times j. \quad (2)$$

La portata idraulica per metro lineare di scorrimento è:

$$Q [m^3/m] = q \cos \alpha \times f \times L$$

dove:

α angolo di inclinazione della della copertura;

f coefficiente di infiltrazione (rapporto fra la quantità di acqua che si irfiltra nel substrato colturale e quella totale che investe la copertura), con valori compresi fra 0,33 e 0,50;

L [in metri] lunghezza della copertura.

Date le caratteristiche di spessore e densità degli strati sovrastanti si determina il carico verticale σ_v applicato sullo strato drenante.

Progettazione dell'elemento drenante di aggregati granulari naturali o artificiali

Per elementi costituiti da aggregato granulare, i requisiti che devono essere richiesti all'elemento sono i seguenti:

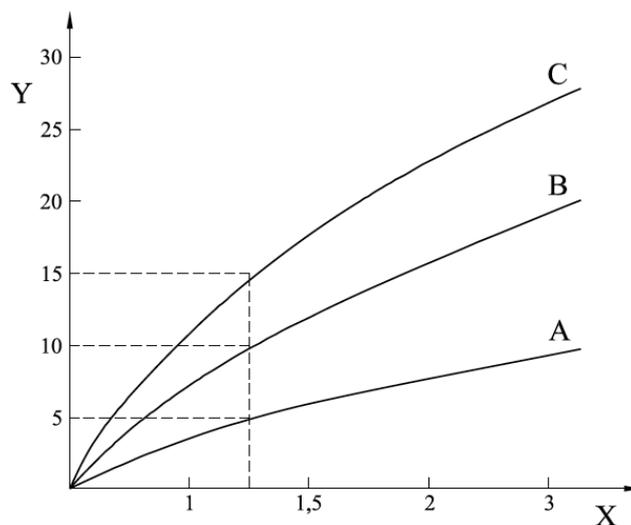
- permeabilità, determinabile secondo UNI EN 1097-6;
- resistenza al gelo, determinabile secondo UNI EN 1367-1;
- pH, determinabile secondo UNI EN 13037;
- conducibilità elettrica, determinabile secondo UNI EN 13038.

La definizione dello spessore, in assenza di dati sperimentali, avviene utilizzando la figura che segue, in funzione della lunghezza di drenaggio e della pendenza della falda della copertura.

Diagramma pendenza coperture - lunghezza di drenaggio

Legenda:

- A spessore drenante sfuso 10 cm
- B spessore drenante sfuso 20 cm
- C spessore drenante sfuso 30 cm
- Y Lunghezza di drenaggio, in metri
- X Pendenza della copertura, in percentuale



Su superfici piane lo spessore del materiale drenante di aggregato granulare, integrato con rete di tubi o barre drenanti, deve essere almeno di 12 cm nel punto di massima pendenza. Possono essere ammessi spessori minori in casi particolari, mediante l'adozione di sistemi drenanti aggiuntivi con dimostrazione analitica.

In qualunque caso la granulometria deve essere determinata in funzione dello spessore dello strato drenante:

- spessori minori di 10 cm: granulometria compresa fra 2/8 e 8/12 mm;
- spessori compresi fra 10 e 20 cm: granulometria compresa fra 4/8 e 8/16 mm;
- spessori maggiori di 20 cm: granulometria compresa fra 4/8 e 12/20 mm.

La frazione granulometrica $\emptyset < 0,063$ mm non deve essere maggiore del 7% in massa.

Progettazione dell'elemento drenante in elementi prefabbricati

La scelta deve cadere sull'elemento che, soggetto al carico v e per il gradiente i garantisce una portata idraulica maggiore o uguale a Q_5 , definita nella formula 3.

Se i non è indicato nei diagrammi e/o nelle tabelle di caratterizzazione del geosintetico, è possibile determinare la portata idraulica corrispondente del prodotto con la formula empirica:

con:

$$Q_{i1} = Q \times \sqrt{i_1/i}$$

Q_{i1} portata idraulica del prodotto tratta dal diagramma/dalla tabella e relativa al gradiente i_1 , immediatamente superiore al gradiente "i" richiesto;

Q portata idraulica del prodotto relativa al gradiente i e determinata con la formula empirica.

Per quanto riguarda gli elementi preformati si deve fare riferimento alle schede tecniche di prodotto.

Per la scelta dell'elemento drenante è necessario, inoltre, determinare:

- capacità drenante sotto i carichi d'esercizio, secondo UNI EN ISO 12958;
 - effetto punzone: la conformazione del pannello deve essere tale da evitare concentrazioni di carichi punzonanti sullo strato sottostante.
- Devono essere verificati gli effetti provocati da carichi concentrati dell'elemento drenante (per esempio per sua conformazione geometrica) sugli elementi sottostanti, al fine di evitare il loro punzonamento o la loro eccessiva deformazione.

Progettazione dell'elemento di accumulo idrico

Il requisito principale che è richiesto a tale elemento è di accumulare acqua durante le precipitazioni meteoriche o le irrigazioni e cederla successivamente durante i periodi di necessità.

La capacità di accumulo idrico, per la specifica soluzione progettata, è determinata in relazione all'andamento climatico del contesto, alle specie vegetali previste ed alla soluzione tecnica.

L'acqua presente nei materiali, ma non disponibile per l'assorbimento radicale, non può essere considerata ai fini del calcolo della capacità di accumulo idrico.

Nella quasi totalità dei casi l'elemento di accumulo idrico è integrato in quello di drenaggio.

Le tipologie correntemente utilizzate sono le seguenti:

- aggregati granulari;
- elementi prefabbricati.

Per quanto riguarda gli aggregati granulari, la capacità di accumulo è determinata dalle caratteristiche fisiche intrinseche. L'apporto di acqua avviene per diffusione e, parzialmente, per capillarità.

Per quanto riguarda gli elementi prefabbricati, la capacità di accumulo idrico è determinata dalla loro geometria. Il movimento dell'acqua all'interno del sistema avviene prevalentemente per diffusione e, parzialmente, per capillarità quando all'interno del volume di accumulo siano presenti materiali porosi. È sempre necessario garantire che nell'elemento di accumulo idrico vi sia almeno il 60% di aria, libera di passare da elemento drenante a strato colturale, e che fra il pelo libero dell'acqua, quando presente, e lo strato filtrante vi sia uno spessore di aria pari almeno al 30% dello spessore dello strato di accumulo idrico, con un minimo di 1 cm, al fine di evitare il deterioramento dell'apparato radicale della vegetazione. La quantità di acqua da accumulare non ha limite superiore né inferiore, ma dipende da strategie progettuali.

Sistema di raccolta delle acque meteoriche

Un altro elemento da valutare nella fase progettuale è il sistema di raccolta delle acque meteoriche.

Si consiglia di effettuare il dimensionamento della rete di raccolta delle acque meteoriche senza tenere conto degli effetti legati all'inerzia idrica della copertura, in previsione di eventi eccezionali o di futura eliminazione della vegetazione.

Tutti i componenti del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche devono essere ispezionabili.

I bocchettoni devono essere dimensionati secondo UNI EN 12056-3 e contenuti in appositi pozzetti al fine di potere essere direttamente accessibili dall'esterno senza movimentazione di elementi o strati.

I pozzetti devono essere provvisti di aperture laterali, con elemento filtrante, per il normale flusso di acqua della copertura, secondo la serie UNI EN 1253.

(Il capitolo sulle linee guida per la progettazione delle coperture a verde è stato liberamente tratto dalla norma UNI 11235-2007, Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde.)

Benefici dei tetti verdi

Sintetizzando i vantaggi che si ottengono dall'installazione di coperture a verde:

▪ Prolungamento della funzionalità della copertura

grazie a:

- a. riduzione delle escursioni termiche con riduzione degli shock termici del manto impermeabile, sia su scala stagionale sia giornaliera;
- b. riduzione dei movimenti strutturali dell'edificio;
- c. protezione meccanica degli strati componenti la copertura;
- d. temperature inferiori delle guaine isolanti che permettono un tempo di vita più elevato;
- e. protezione dall'azione disgregante gelo\disgelo sugli strati più esposti.

▪ Risparmio energetico e aumento dell'isolamento termico

Il risparmio energetico è legato alla regolazione del microclima, pur con effetto positivo in inverno, è soprattutto in estate che si apprezza per la riduzione della temperatura in copertura. In un piano generale di risparmio energetico, l'utilizzo del tetto verde è in linea con le rinnovate esigenze ecologiche ed è in grado di portare benefici sia ai singoli utenti sia alla collettività. I tetti in nudo asfalto, o con guaine bituminose o plastiche di diverso tipo, raggiungono in estate temperature di superficie sino agli 80°C, di notte si raffreddano sino a 20°C, con escursioni termiche di ben 60°C; Durante l'inverno il raffreddamento tocca valori prossimi ai -20°C, portando le escursioni termiche nel corso dell'anno quindi ai 100°C e oltre. I tetti verdi consentono di registrare invece scarti di temperatura più misurati, con un massimo estivo di 25°C e un minimo invernale di soli -10°C, riducendo così l'escursione termica annuale a soli 35°C e quella giornaliera a 10°C. A causa del calore e dei raggi ultravioletti, poi, sulle superfici delle coperture non ricoperte di verde, lo strato di bitume può esalare oli non sempre innocui, che possono intaccare i materiali e accorciarne la durata. Inoltre, le coperture verdi riducono la dispersione del calore ottenuto attraverso il riscaldamento degli appartamenti durante il periodo invernale; al contrario, durante il periodo estivo creano una piacevole frescura grazie alla loro azione coibente. Il tetto verde risulta quindi apportare, rispetto a coperture tradizionali, un vantaggio, in termini di energia trasmessa, facilmente comprensibile dal punto di vista qualitativo ma meno immediato da valutare tramite analisi quantitative.

▪ Maggiore isolamento acustico

Eliminando le superfici lisce, riflettenti l'onda sonora, si ottiene una riduzione del livello sonoro in funzione della massa vegetale, della forma e della disposizione spaziale rispetto alla fonte di emissione sonora; Le prestazioni di isolamento acustico aumentano in relazione allo spessore degli strati e ai materiali che compongono i tetti verdi. La maggiore riduzione delle onde acustiche è apportata prevalentemente dai materiali di tipo granulare, presenti nelle suddette stratigrafie.

Mitigazione ambientale per l'intorno territoriale:

▪ Trattenimento della polvere

Oltre l'effetto, proprio del verde, di fissare la polvere, il particolato PM10, la riduzione d'aree che si surriscaldano elimina la formazione d'aria calda che tiene in sospensione il pulviscolo. La quantità di polveri trattenute è direttamente proporzionale alla massa fogliare. L'effetto captante è determinato dal sottile strato di aria umida prodotto dalla vegetazione. I sistemi di irrigazione per aspersione aumentano gli effetti di abbattimento delle polveri proporzionalmente all'azione

dilavante svolta con azione battente diretta sull'apparato fogliare. Influenzano gli effetti mitiganti la posizione dello strato di vegetazione rispetto alla fonte di polverosità e la presenza di venti; l'azione dilavante di sistemi di irrigazione che agiscono sulla vegetazione con apparato fogliare persistente aumenta la quantità degli agenti captabili; l'apparato fogliare deciduo limita l'azione sul contenuto di polveri nell'aria alla stagione vegetativa;

▪ **Miglioramento del clima:**

- a. la realizzazione di giardini pensili contribuisce in modo significativo al miglioramento del clima sia dell'ecosistema cittadino sia del fabbricato;
- b. riduzione di temperatura dovuta all'assorbimento del calore e della luce, in termini di diminuzione dell'irraggiamento riflesso, da parte della vegetazione;
- c. mancanza di surriscaldamento del fabbricato con la conseguente cessione di calorie all'ambiente circostante.
- d. L'assorbimento di CO2 per effetto di fotosintesi delle piante.

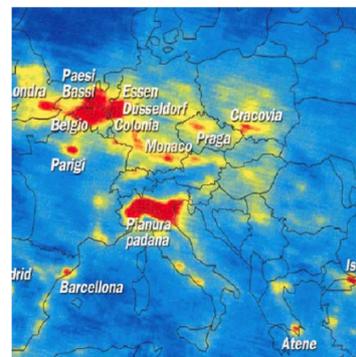


Illustration 8: Emissione di CO2 in Europa

▪ **Protezione dalle onde elettromagnetiche**

Uno studio dell'Istituto per l'Alta frequenza, microonde e tecnica radar dell'Istituto Universitario Militare di Monaco di Baviera dimostra che i tetti verdi con uno spessore di 15 cm assorbono al 99% e oltre le onde elettromagnetiche emesse dai ripetitori per i cellulari. Si è scoperto che riduzioni ancora maggiori si ottengono con coperture in argilla e per le frequenze UMTS.

▪ **Elevata ritenzione idrica**

In alcuni testi si afferma che un tetto verde con 8 cm di terriccio è in grado di trattenere in copertura, e restituire all'ambiente con l'evaporazione, fino al 70% della pioggia da normativa (Uni 11235) si indica un valore medio del 50% di riduzione. In realtà questi valori sono approssimativi, come vedremo più avanti nel capitolo sulle sperimentazioni fatte presso la Columbia University sul deflusso delle coperture verdi monitorate nella città di New York, si vedrà che il deflusso dipende da molte condizioni al contorno e dal microclima urbano. Si lascia questo approfondimento al capitolo che segue.

In generale si può affermare che sui tetti verdi si ha un assorbimento ed un trattenimento delle acque meteoriche ed un conseguente rallentamento deflusso superficiale e quindi dell'afflusso delle acque al sistema dei collettori urbani di raccolta. L'effetto è direttamente proporzionale allo spessore dello strato colturale ed alla sua capacità di ritenzione ed alla massa vegetale presente ed è tanto più sensibile quanto più lo strato colturale ha un notevole spessore e tanto più le precipitazioni non hanno un carattere intenso. Nel prospetto che segue, della Normativa UNI11235, sono indicati i coefficienti di deflusso a seconda dello spessore della stratificazione e dell'inclinazione della copertura, da applicare in assenza di specifiche certificazioni.

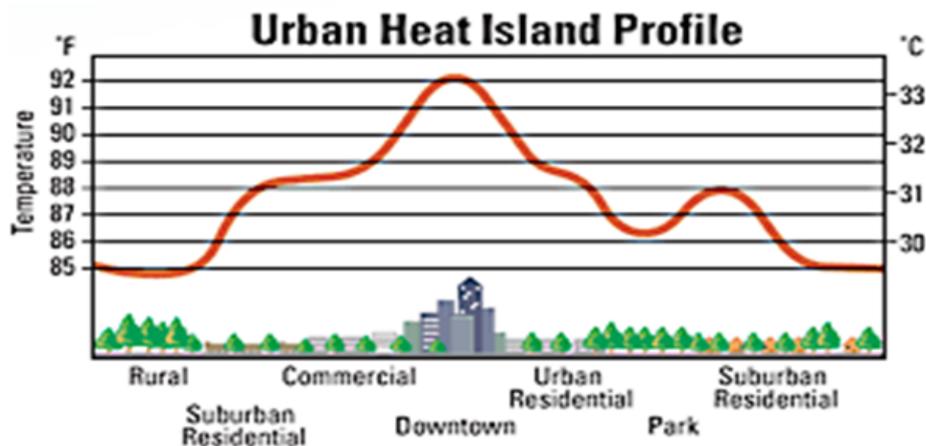
Spessore della stratificazione (S)	Coefficiente di deflusso ψ	
	Inclinazione copertura minore di 15°	Inclinazione copertura maggiore di 15°
[cm]		
8 < S < 15	0,4	0,5
15 < S < 25	0,3	>0,5 ¹⁾
25 < S < 50	0,2	>0,5 ¹⁾
S > 50	0,1	>0,5 ¹⁾

*) Da definirsi di volta in volta in funzione delle tipologie di materiali utilizzati per i vari elementi e strati.

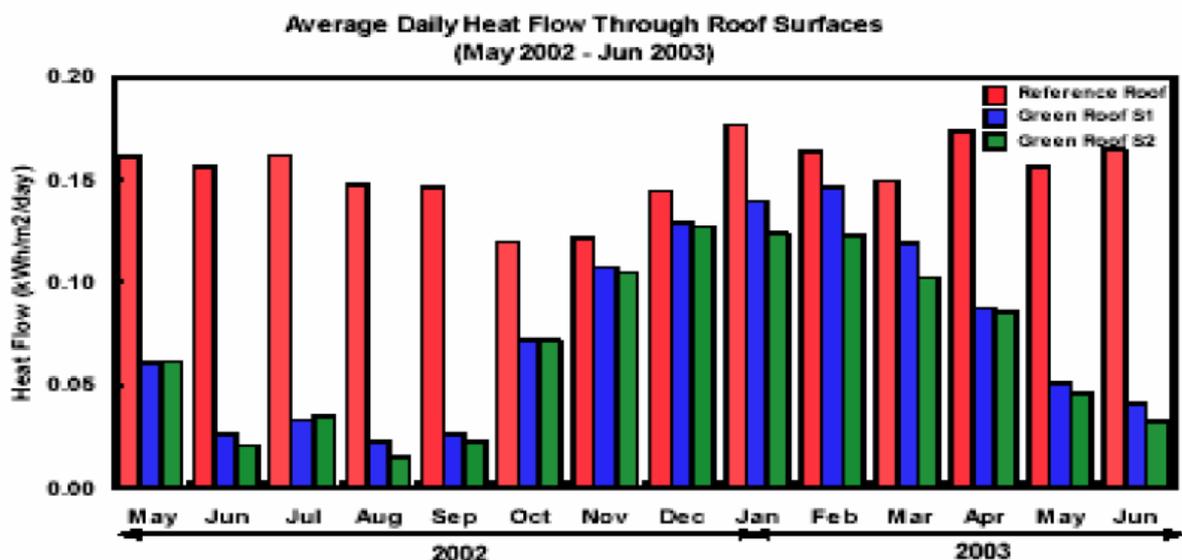
- Mitigazione dell'effetto isola di calore

Urban Heat Islands

- Traditionally, we have anticipated that temperatures in cities increase in a linear gradient from the rural/desert edge to the urban core



Gli studi fatti dalla Columbia University dimostrano che se il 50% dei tetti dell'area metropolitana di New York fossero coperti da tetti verdi la temperatura media superficiale di New York sarebbe ridotta da 0.1 a 0.8 °C. Per ogni grado centigrado di riduzione dell'effetto isola di calore (UHIE Urban Heat Island Effect) si risparmiano approssimativamente 495 milioni di Kwh di energia. A seguito di questa dimostrazione la città di New York ha introdotto un'incentivo per i privati che intendono realizzare un tetto verde sulla loro abitazione.



A Toronto invece è stato dimostrato che se si ricoprisse l'intera superficie della città con tetti verdi si potrebbe abbassare la temperatura media superficiale nella zona urbana fino a 2 °C.

Uno studio analogo è stato fatto anche per la Città di Tokyo che negli ultimi anni ha avuto un aumento consistente delle temperature medie. L'amministrazione della città ha da poco emanato una legge che impone di realizzare almeno 20% di verde su tutti i tetti pianeggianti per gli edifici privati di nuova costruzione. Analogamente la Città di Copenhagen ha imposto che tutti gli edifici di nuova costruzione con tetti con pendenze minori di 30° dovranno essere realizzati a verde. Questo decreto rientra nelle strategie intraprese dalla città per raggiungere l'obiettivo prefisso per il 2025 di diventare la prima capitale ad emissione zero. (*carbon neutral*) (dalla press release della città di Copenhagen 17th Maggio 2010)



14. Caso Studio 3

Il progetto di ricerca “Quantifying the Fundamental Behavior of Green Roofs in an Urban Environment” a New York



Da febbraio a dicembre 2011 si è preso parte al progetto di ricerca “Quantifying the Fundamental Behavior of Green Roofs in an Urban Environment” che mira a quantificare in dati scientifici ben definiti i benefici dei tetti verdi urbani. Il gruppo di ricercatori incaricati per questo lavoro, appartengono alla Columbia University di New York e alla NASA. Il progetto risulta essere un ottimo caso studio per la ricerca di dottorato in quanto è strettamente legato alla gestione delle risorse idriche e al risparmio energetico in ambito urbano sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Vengono considerati diversi aspetti ambientali e tutte le possibili variabili al contorno che influenzano il sistema urbano nella sua complessità.

Gli obiettivi del progetto

Il progetto ha l'obiettivo di quantificare i benefici dei tetti verdi nell'area urbana, in particolare nella città di New York. Vengono monitorati diversi tipi di coperture verdi da Manhattan al Queens e i dati raccolti vengono analizzati per individuare i comportamenti ricorrenti e approfondire i processi fisici che sono alla base dei **benefici ambientali apportati dai tetti verdi, con l'intento di migliorarne l'efficienza**. Vengono anche ricercati materiali alternativi per la costruzione di tali coperture, e si impiegano dei software

per individuare possibili modelli al fine di predire i rendimenti, simulando le diverse condizioni naturali. Al “The Fundamental Behavior of Green Roofs in an Urban Environment” partecipano vari professori, ricercatori e dottorandi della Columbia University. I principali referenti sono la professoressa Patricia Culligan, il professor Wade McGillis e Stuart Gaffin. Mentre tra i partner del progetto, oltre l’università, prendono parte la NASA e la Città di New York.

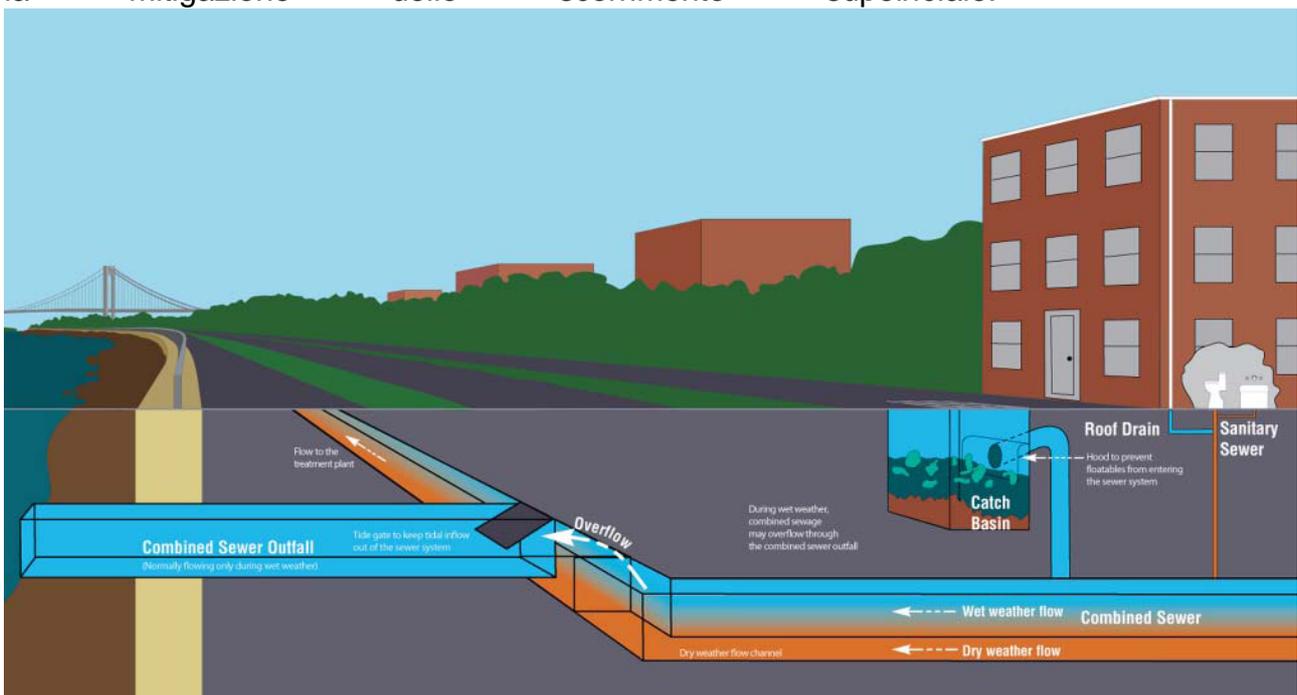
I principali finanziatori del progetto

I principali finanziatori sono **due enti governativi**: la Nsf (National science foundation), che finanzia la ricerca, e l’Epa (Environmental protection agency), incaricata di redigere leggi e rinforzare i regolamenti per la protezione ambientale e la salute dei cittadini. **Il Governo Federale ha interesse a finanziare la ricerca** scientifica per trovare soluzioni innovative e vantaggiose, sulla base delle quali redigere piani di salvaguardia ambientale. Ci sono inoltre i **finanziatori privati** come la Con Edison, il principale fornitore di energia elettrica per New York, e vari partner che hanno installato tetti verdi sulle loro sedi, permettendone il monitoraggio.



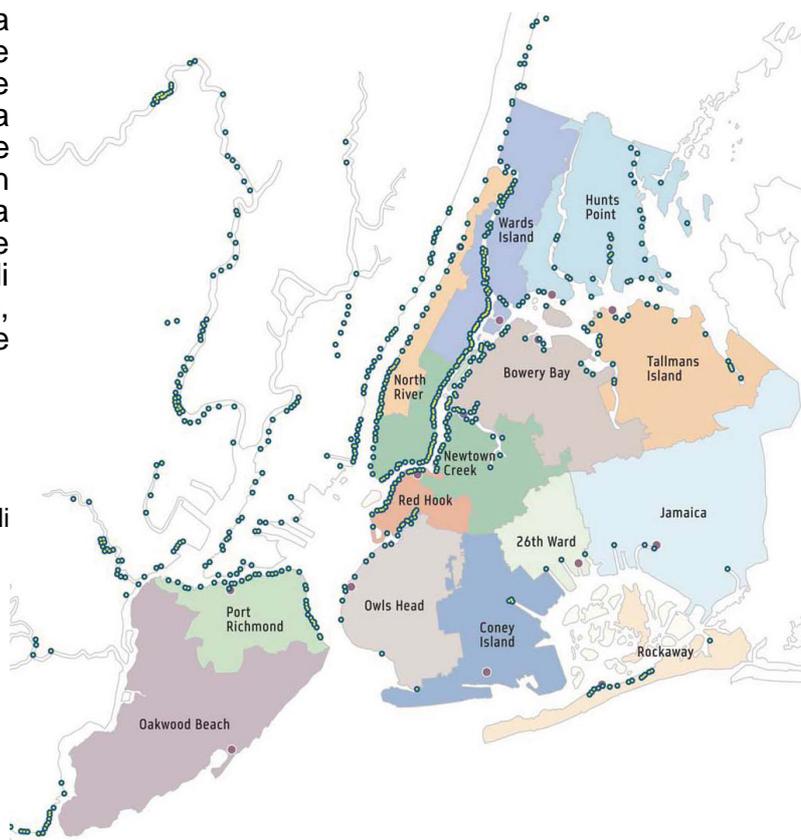
Il problema della gestione delle risorse idriche a New York.

Per gli amministratori della città di New York è importante quantificare con esattezza sia i benefici in termini ambientali che il risparmio economico apportato dai tetti verdi su scala urbana. Ottenere dati concreti ad esempio in termini di gestione delle acque e risparmio energetico su scala cittadina, per poi basare gli investimenti futuri e i piani di gestione delle risorse su tali dati. La città di New York ha in programma di spendere venti miliardi di dollari nei prossimi anni per le infrastrutture legate alla gestione delle acque e alla mitigazione dei cambiamenti climatici e un miliardo e mezzo per le sole soluzioni verdi per la mitigazione dello scorrimento superficiale.



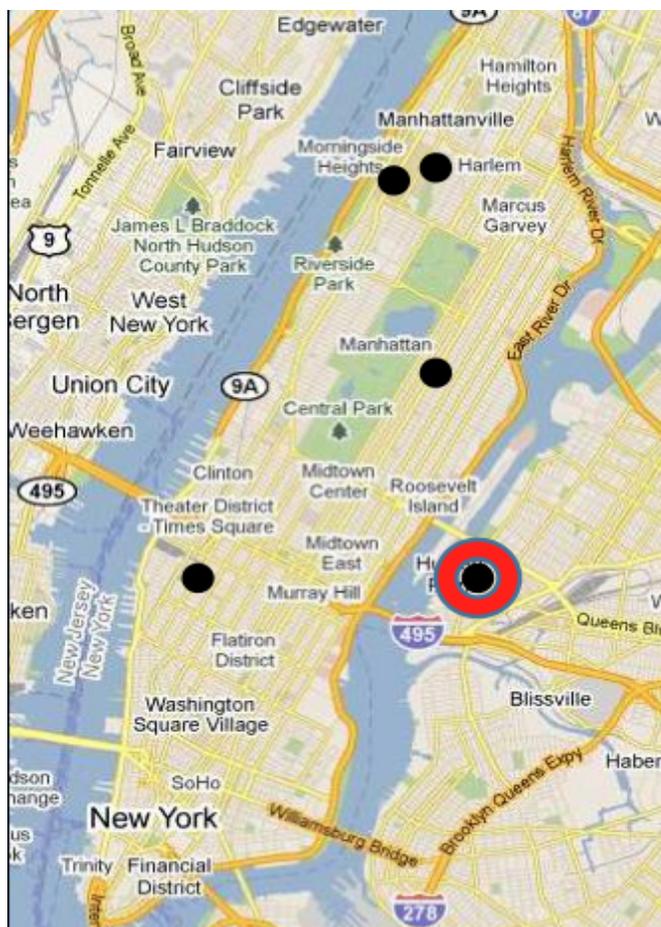
La città di New York ha un sistema di fognatura misto, acque grigie e acque piovane. In caso di piogge consistenti, i volumi in fognatura aumentano rapidamente e siccome i depuratori non sono in grado sopportare tali portate, una parte delle acque fognarie finisce in mare tal quale (ogni anno più di centotredici milioni di metri cubi), con l'impatto ambientale che ne consegue.

Figura mappa degli scarichi nell'area di New York



Il progetto di Monitoraggio:

La novità legata a questo progetto scientifico è che attua un monitoraggio su larga scala, su tetti verdi di varie dimensioni distribuiti nell'area urbana, solitamente questi tipi di test vengono effettuati su piccoli prototipi cercando di simulare le condizioni reali, con risultati non così attendibili come quelli ottenuti sull'intero tetto. Anche i risultati ottenuti su due tetti in due aree della città possono subire delle variazioni, per esempio se influenzati dal microclima urbano dalle condizioni di orientazione e se soggetti a venti o ombreggiati da altri palazzi. Quindi un tipo di monitoraggio su scala urbana è il modo per avere un quadro piu' generale e piu' realistico dei benefici che i tetti verdi possono dare alla città. In questa mappa di New York sono stati segnati alcuni dei tetti che fanno parte del progetto di monitoraggio, per brevità in questo elaborato si parlerà del tetto segnato in



rosso, che si trova in Queens ed è il tetto della società fornitrice dell'energia elettrica Con Edison.

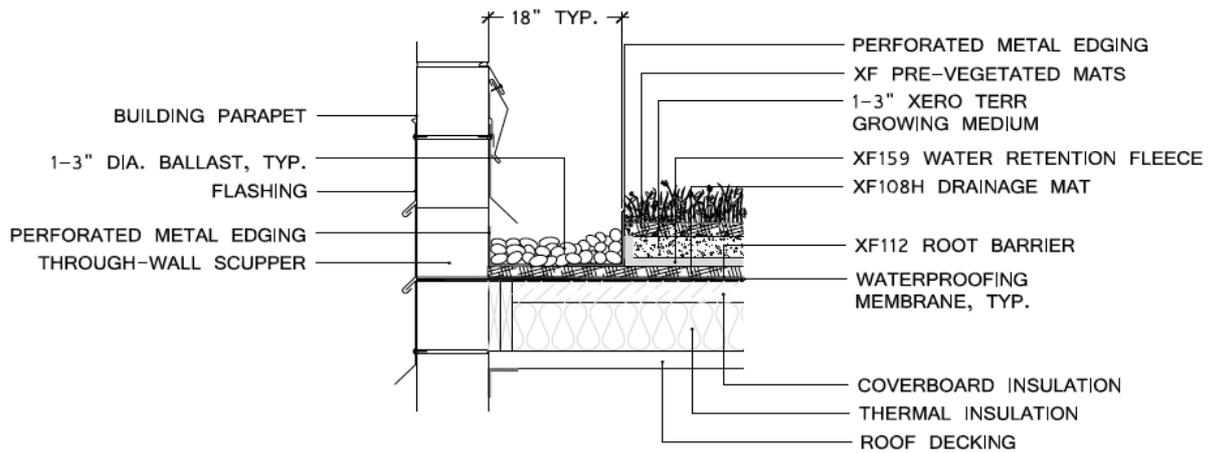


Figura Tetto verde sulla sede della Con Edison

I Tetti verdi monitorati.

I tetti verdi monitorati sono di tipo estensivo leggero con un medium di 12 cm, e nel caso del tetto della Con Edison si tratta di un tetto modulare e non continuo. Altri studi hanno verificato che seppure il prezzo dei tetti modulari rispetto a quelli continui sia lievemente maggiore le performance in termini di diminuzione dei deflussi sono molto simili e quindi in un confronto di qualità-prezzo non sono una soluzione conveniente.





NOTES:
 PERFORATED METAL EDGING
 TO SPAN SCUPPER OPENING

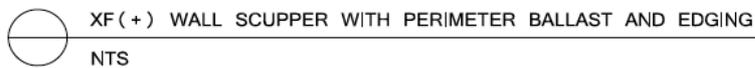
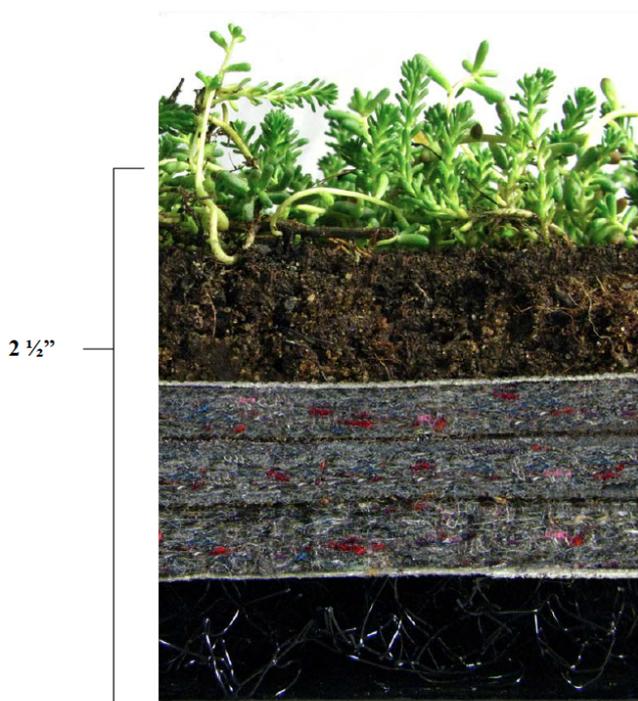


Illustration 9: La società che ha realizzato la copertura è la Xero Flor e qui di seguito un dettaglio costruttivo della superficie verde.

I valori monitorati sono:

Temperatura ambientale, temperatura del terreno, velocità del vento, precipitazioni, radiazione solare incidente, radiazione solare riflessa, albedo, imbibimento del solo, tasso di umidità nell'aria a tre diverse altezze dal suolo, deflussi.



Xero Flor XF301+2FL green roof system

- Pre-vegetated extensive green roof system
- XF301 vegetated mat + 2 layers of XF157 fleece
- Full system saturated weight of 10-11 lb/sf
- Mats as 1m x 1m “flats” or 1m x 2m “rolls”
- Regionally grown to support LEED credits
- Resistant to wind uplift

XF301 pre-vegetated Sedum mat: 1 1/4”
 Integrated unit of plant material, growing medium, and a natural fiber or geotextile carrier

XF157 water retention and filter fleece: 1/4”
 Blend of non-woven recycled synthetic materials (Two XF157 Fleece layers shown -1/4” each)

XF108H drain mat: 3/4”
 Flexible, non-woven, entangled polymeric fibers with a perforated geotextile filter fabric bonded to one side

XF112 root barrier: 20mil
 Flexible, lightweight, water-impermeable low density polyethylene (Alternative root barrier options available)

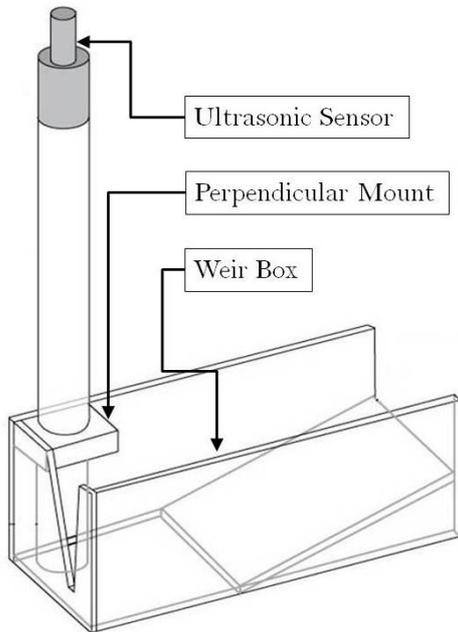


Figura *Tetto standard controllato.*



Figura *tetto verde monitoraggio inverno, Febbraio-Marzo 2011*

Un'altra novità è stata quella di **sviluppare nuovi strumenti per il monitoraggio** adattandosi alle esigenze di ogni tetto monitorato. Infatti oltre all'uso degli strumenti canonici per il monitoraggio sono stati sviluppati strumenti sperimentali. Per monitorare il deflusso sono stati costruiti strumenti appositi per ogni tipo di tetto monitorato che affidano la lettura ad un sensore ad ultrasuoni appositamente testato e calibrato in laboratorio.



Nelle foto si possono osservare due tipi di strumenti di misurazione con differenti design per i differenti tipi di scarichi presenti sul tetto.



Il sistema di monitoraggio invia i dati ad un server dove è possibile controllarli in continuo. Il sistema ha bisogno di manutenzione, per questo vengono fatti sopralluoghi di controllo e sopralluoghi straordinari e tempestivi quando si riscontrano delle anomalie nei dati raccolti.

Questo un esempio banale di problema che è stato riscontrato, uno tipping bucket usate per misurare i dati di pioggia dava valori molto dissimili da altri posizionati nella sua vicinanza, è bastato fare un controllo per verificare che non stante la rete metallica di protezione una piuma di uccello aveva ostruito il foro.



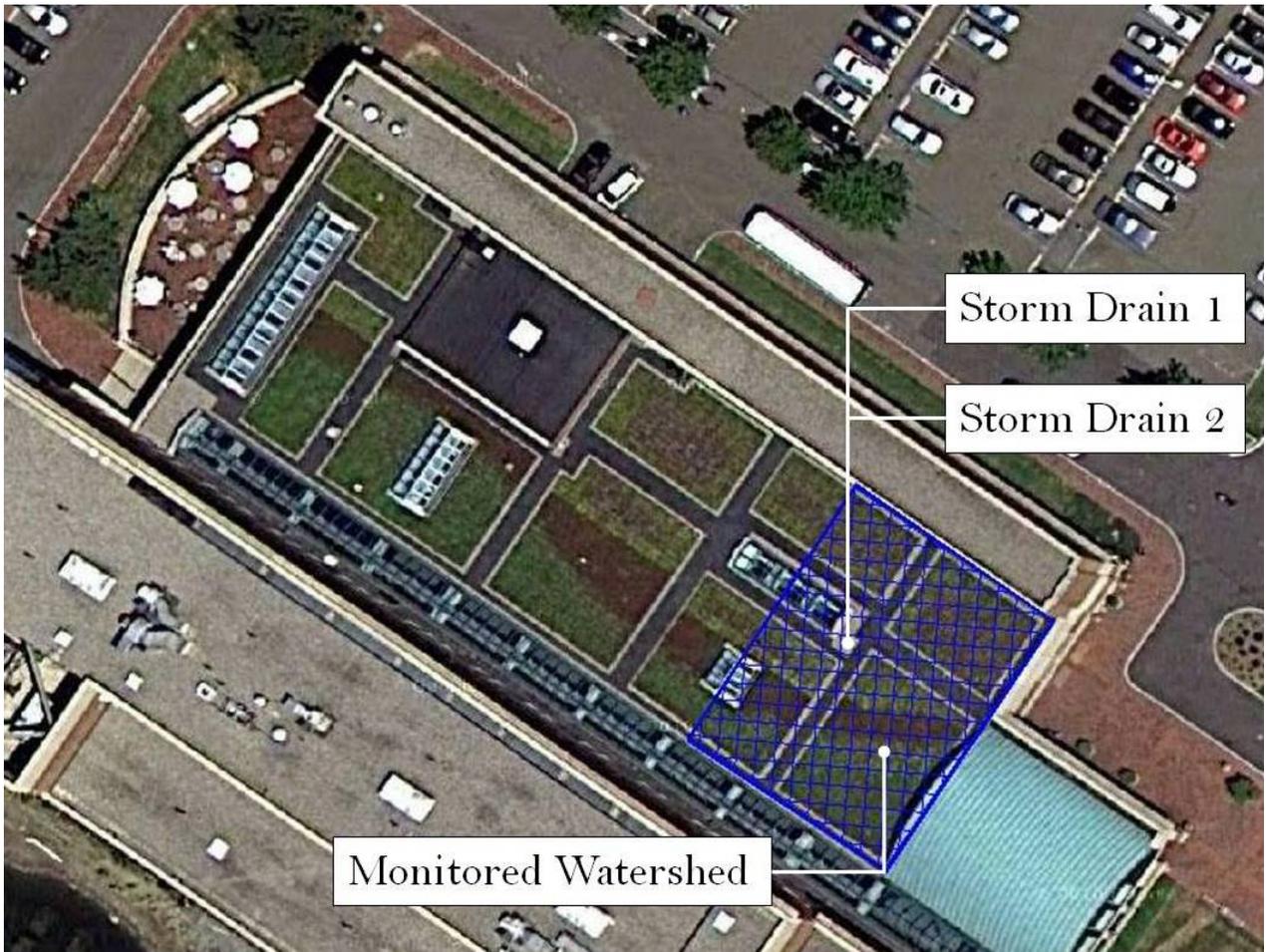
Il progetto è in itinere e il monitoraggio proseguirà ancora per alcuni anni.

I benefici apportati dalle coperture verdi.

I tetti verdi permettono di captare l'acqua piovana prima che tocchi terra. Il volume d'acqua trattenuto dai tetti, come descritto in una recente pubblicazione di *Culligan*, varia a seconda delle precipitazioni, delle temperature dell'acqua e delle condizioni pregresse di imbibizione del suolo. Nel caso in cui il tetto sia asciutto e le temperature non siano molto basse i tetti Verdi riescono a trattenere una percentuale d'acqua piovana che varia dal 50 %, in caso di piogge intense, fino al 100%, per piogge di piccola entità, riducendo sensibilmente i volumi che andrebbero nelle fognature miste. Anche nel peggiore dei casi, con basse temperature e condizioni di imbibizione del suolo pregresse, la ritenzione idrica varia dal 19% al 34%. Ciò **si traduce in un cospicuo risparmio economico in termini di gestione delle acque**. Una volta quantificato il risparmio sarà possibile stimare gli incentivi per la costruzione dei tetti verdi. Questi ultimi hanno dimostrato di essere una **buona soluzione anche per il surriscaldamento estivo** dovuto all'effetto isola di calore (heat island effect) cui la città di New York è soggetta. Infine ci sono i vantaggi relativi alla qualità dell'aria, dell'acqua, alla biodiversità urbana, al risparmio energetico degli edifici e alla riduzione del rumore. Infine i tetti verdi hanno una durata maggiore dei normali isolanti.

Schematicamente i benefici apportati dai tetti verdi sono:

- ***Attenuano il deflusso superficiale (run off) (Culligan 2011)***
- ***Risparmio energetico per gli edifici (Gaffin)***
- ***Mitigano la qualità dell'acqua (Berndtsoon, 2009)***
- ***Rimuovono inquinanti dall'atmosfera (Yang, 2008)***
- ***Accrescono la biodiversità urbana (TCRA, 2006)***
- ***Sequestrano la Co2 (getter, 2009)***
- ***Riducono il livello di rumore in città (Renterghem, 2010)***



A seguire dei grafici relativi al deflusso ottenuti dal monitoraggio del tetto della società CoEdison nel Queens mettendo a confronto una parte di tetto verde e una parte del tetto standard, ricoperto di una classica superficie impermeabilizzata.

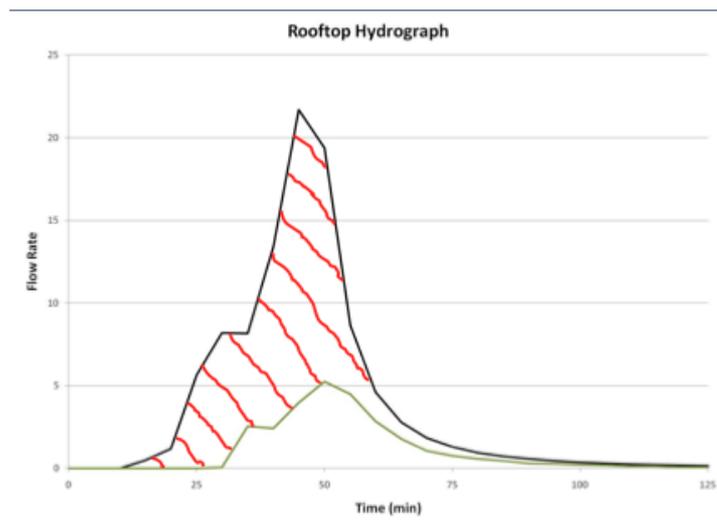


Figura Mitigazione del deflusso

Il volume tracciato in rosso rappresenta la differenza di deflusso tra il tetto verde e il tetto standard. Questo volume d'acqua viene trattenuto dal tetto verde.

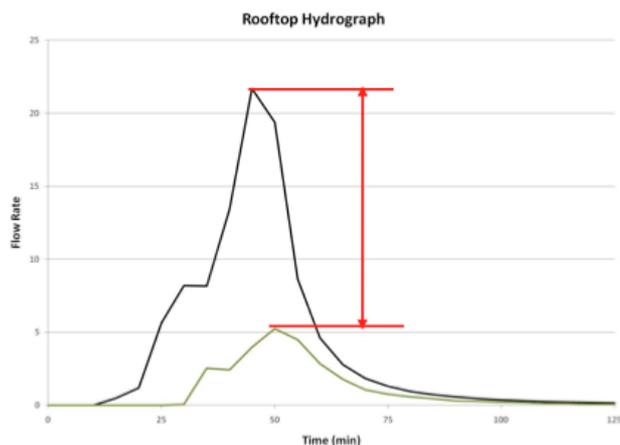
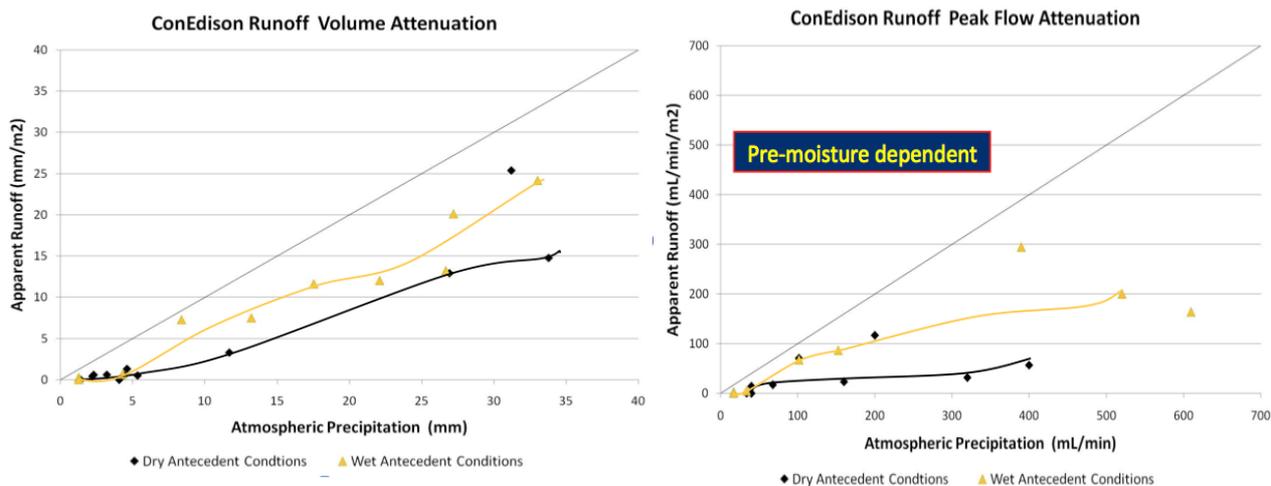


Figura Mitigazione e sfasamento dei picchi

Inoltre vi è un effetto mitigatore oltre che delle portate anche di intensità basta osservare la variazione dei picchi. I picchi subiscono una notevole diminuzione e anche un visibile sfasamento.



(Culligan 2011)

Questi grafici sono ad esempio di un caso particolare. Dai test fatti si può riassumere più in generale che il volume di deflusso a parità di substrato:

- Dipende fortemente dall'entità delle precipitazioni
- Dipende dalle temperature
- Dipende dalle condizioni pregresse di imbibimento del tetto
- Con acqua non fredda e condizioni iniziali secche

Piccole precipitazioni (<5mm) - 90% - 100% ritenzione

Precipitazioni medie (5mm-20mm) - 70% ritenzione

Precipitazioni intense (>20mm) - 50% ritenzione

- **Meno ritenzione per condizioni iniziali semi sature**

Precipitazioni di 18mm - 34% ritenzione

- **Minima ritenzione per piogge con temperature basse**

Precipitazioni 31mm - 19% ritenzione

Appare evidente che i dati di flusso dati dalla normativa sono molto semplificativi.

Spessore della stratificazione (S) [cm]	Coefficiente di deflusso ψ	
	Inclinazione copertura minore di 15°	Inclinazione copertura maggiore di 15°
8 < S < 15	0,4	0,5
15 < S < 25	0,3	>0,5 ^{*)}
25 < S < 50	0,2	>0,5 ^{*)}
S > 50	0,1	>0,5 ^{*)}

^{*)} Da definirsi di volta in volta in funzione delle tipologie di materiali utilizzati per i vari elementi e strati.

Sulla base degli articoli pubblicati dal gruppo dei principali ricercatori, a mio parere, uno dei più grandi risultati ottenuti è quello di calcolare, basandosi sul bilancio energetico e sul calore latente, **le masse d'acqua trattenute dai tetti verdi ed evapotraspirate e quindi sottratte alle fognature miste**. Questi dati vengono confrontati con quelli di monitoraggio per trovare un ulteriore riscontro scientifico. Tale constatazione ha avuto una ripercussione immediata nel piano di gestione delle acque della città che nel 2008 posizionava i tetti verdi all'ultimo posto in termini di costi benefici per il trattenimento delle acque di pioggia. Invece lo studio fatto dimostra esattamente il contrario. Se si adottassero tetti verdi diffusamente nella città di New York ogni anno si tratterebbe una massa d'acqua di **circa 56 milioni di metri cubi sottraendola alla fognatura mista**.

Per concludere si può affermare che i tetti verdi apportano miglioramenti ambientali, sociali e cospicui risparmi economici in termini di gestione delle acque e approvvigionamento energetico su scala urbana.

15. Caso Studio 4.

Progetto sperimentale di gestione sostenibile delle risorse idriche e delle aree a verde per la città di Puerto Plata in Repubblica Dominicana.

Game changers for the future city, solving urbanization challenges by design è il nome di un progetto nato a seguito della richiesta di cambiamento ed innovazione della Città di Puerto Plata fatta dal Presidente Della Repubblica Dominicana Leonel Fernandez alla Columbia University. Gli autori del progetto sono un gruppo di progettazione misto nato all'interno dello studio di Urban Ecology del GSAPP (Columbia University graduate school of architecture and Planning) coordinato dall' Arch. Richard Planz, dalla Prof. Patricia Culligan e dall' Arch. Richard Gonzales dell' Urban Design Lab della Columbia University, in collaborazione con la fondazione Dominicana Funglode e col dipartimento di Pianificazione Urbana di S. Domingo.

Dopo un sopralluogo effettuato nel mese di ottobre 2011 per raccogliere ulteriori informazioni sull'area e fare uno studio preliminare il gruppo si è diviso in sottogruppi operativi per concentrarsi su gli aspetti piu' urgenti per la riqualificazione del tessuto urbano di Porto Plata. I sei gruppi trattavano:

- La gestione delle risorse idriche,
- La gestione delle risorse energetiche,
- La gestione dei rifiuti,
- Il trasporto e la viabilità,
- La realizzazione di un campus medico sanitario,
- Lo sviluppo del settore turistico.

Il sottogruppo a cui si è preso parte ha trattato i temi relativi alla gestione delle risorse idriche ed era composto dal sottoscritto, dall'Architetto Michaela METCALFE, dal dottorando in pianificazione Sataree FADAEE e dall'ingegnere civile Raha HAKIMDAVAR.

Il gruppo ha lavorato per circa quattro mesi suddividendo il progetto per la gestione idriche in tre parti. Una parte curava l'approvvigionamento idrico sostenibile a scopo potabile chiamata Urban Terradam, una parte la gestione delle aree verdi/permeabili e l'uso del territorio (land use) chiamata Terrascape e una parte il trattamento delle acque reflue (Whetlands Parks). Le parti del progetto che il gruppo ha approfondito di piu' sono le prime due, e sono anche quelle piu' attinenti alla ricerca descritta in queste pagine. Verranno quindi riportate di seguito come caso studio della ricerca di dottorato mentre la terza parte verrà solo menzionata. E' scontato dire che le tre parti sono largamente interconnesse ed in sinergia tra loro.

Questo caso studio è fortemente legato in linea teorica a quelli precedentemente descritti, come vedremo ci saranno molte analogie e ricorrenze nei concetti sviluppati. Sulla linea pratica invece è ancora un'altro punto di vista sulla gestione delle risorse in quanto trovandosi in un contesto geografico, culturale e climatico differente da quelli riportati negli altri casi studio avrà bisogno di considerazioni specifiche.



Area d'intervento

Contesto geografico, urbano e densità abitativa

San Filipe de Puerto Plata è la più grande città sulla costa settentrionale della Repubblica Dominicana. Con circa 145000 abitanti e una densità abitativa di 319,51 ab./km². Raccoglie il 78% della popolazione dell'intera regione di Puerto Plata. La piccola baia attorno al quale la città è costituita fornisce un porto naturale. La città come vedremo più avanti dagli studi topografici nasce dal porto a livello zero e si sviluppa verso la montagna alle sue spalle. Geograficamente fa parte della *Cordillera Septentrional*, raggiungendo un'altezza massima di 800 m sul livello del mare.

Aspetti economici, sociali e culturali.

La città di Porto Plata si trova nella parte nord della Repubblica Dominicana, è uno dei porti commerciali più importanti del paese, ma negli ultimi anni ha sentito molto la concorrenza di Santo Domingo dal punto di vista commerciale. Oltre al commercio l'economia della città era incentrata sul turismo da crociera, con un picco di prosperità negli anni settanta e ottanta, e sulle produzioni agricole come quella del caffè e della canna da zucchero come Haiti lo stato confinante. E' risaputo che entrambi questi mercati sono crollati negli ultimi venti anni riducendosi quasi a zero. Così la città di Porto Plata ha attraversato una consistente crisi economica e allo stesso tempo ha subito un fenomeno migratorio dalle zone rurali, con la nascita dei quartieri ghetto, informal settlement o favelas che hanno cambiato l'assetto urbano. Si è creata infatti una grande discontinuità tra le aree turistiche dei *resoart* di ultra lusso, le *favelas*, l'area del porto commerciale quasi in disuso e il centro coloniale costituito da case in stile vittoriano ancora in buone condizioni.

Risorse disponibili

La crisi è evidente anche osservando le infrastrutture e la gestione delle risorse per la città di Porto Plata. Al centro della città poco distante dal lungo mare c'è una centrale elettrica a gasolio che per gran parte è in disuso, un'altra centrale termoelettrica, questa volta funzionante, è posizionata nel golfo del porto della città a ridosso della fortezza.

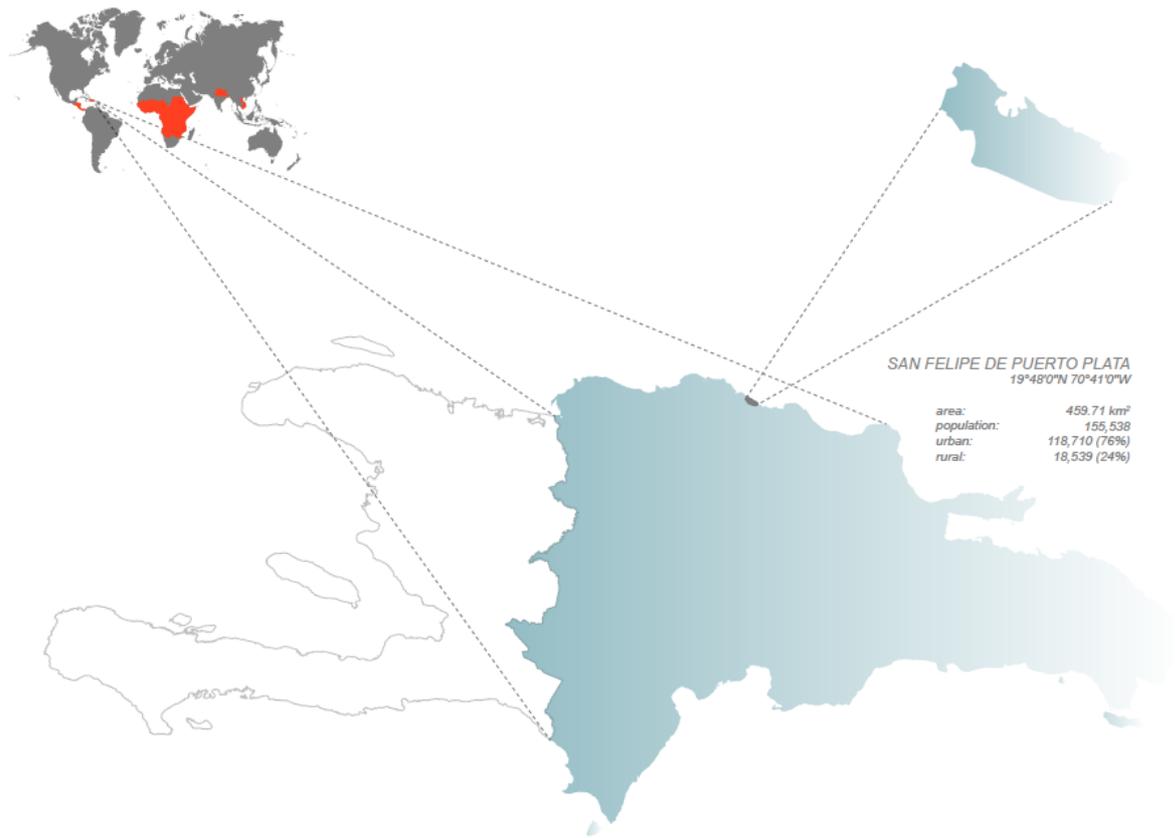
L'impianto fognario non copre tutta la città, mentre l'acquedotto serve solo una piccola parte. Un'analisi più approfondita delle risorse idriche verrà trattata più avanti.

Contesto Climatico

Puerto Plata ha un clima tropicale, con estati calde e secche ed inverni miti ma molto umidi (classificazione climatica Köppen As).

Climate data for Puerto Plata (Airport) [1970-2000]

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Record high °C (°F)	32.5 (90.5)	33.3 (91.9)	33.9 (93.0)	34.6 (94.3)	35.0 (95.0)	36.7 (98.1)	37.8 (100.0)	37.8 (100.0)	40.0 (104.0)	35.6 (96.1)	34.4 (93.9)	32.5 (90.5)	40 (104.0)
Average high °C (°F)	28.9 (84.0)	29.6 (85.3)	29.4 (84.9)	29.3 (84.7)	31.2 (88.2)	32.3 (90.1)	32.6 (90.7)	32.6 (90.7)	32.7 (90.9)	32.3 (90.1)	30.6 (87.1)	29.1 (84.4)	30.88 (87.59)
Daily mean °C (°F)	23.2 (73.8)	23.1 (73.6)	23.6 (74.5)	24.6 (76.3)	25.6 (78.1)	26.3 (79.3)	26.9 (80.4)	26.8 (80.2)	26.7 (80.1)	26.2 (79.2)	24.9 (76.8)	23.6 (74.5)	25.13 (77.23)
Average low °C (°F)	17.5 (63.5)	17.3 (63.1)	17.8 (64.0)	19.9 (67.8)	20.0 (68.0)	20.3 (68.5)	21.1 (70.0)	20.9 (69.6)	20.7 (69.3)	20.1 (68.2)	19.1 (66.4)	18.1 (64.6)	19.40 (66.92)
Record low °C (°F)	9.4 (48.9)	10.0 (50.0)	11.6 (52.9)	12.2 (54.0)	14.4 (57.9)	15.0 (59.0)	13.3 (55.9)	15.6 (60.1)	16.1 (61.0)	15.6 (60.1)	14.4 (57.9)	12.2 (54.0)	9.4 (48.9)
Rainfall mm (inches)	175.3 (6.902)	140.0 (5.512)	128.7 (5.067)	115.1 (4.531)	129.0 (5.079)	51.0 (2.008)	69.8 (2.748)	66.7 (2.626)	63.7 (2.508)	111.0 (4.37)	228.5 (8.996)	231.8 (9.126)	1,510.6 (59.472)
Avg. rainy days	12	9	8	10	11	6	7	7	7	10	14	15	116



PUERTO PLATA : DOMINICAN REPUBLIC

Analisi delle risorse idriche disponibili.

La Repubblica Domenicana fa parte delle aree della terra afflitti dal problema dell'accesso alle risorse. In particolare fa parte di quelle aree soggette a *Economic water scarcity* ovvero *quelle zone soggette a carenza idriche non per una condizione fisica di siccità (physical water scarcity)* ma per una condizione economica e di carenza di infrastrutture per l'approvvigionamento idrico e la potabilizzazione. Infatti l'area di Puerto Plata è soggetta a fortissimi precipitazioni per tutto l'anno con un'intensificazione durante i mesi invernali.

L'area di Porto Plata è anche soggetta a calamità naturali come alluvioni, tornado e mareggiate. A proposito si riportano le immagini delle aree soggette a tornado e sono tracciati quelli che sono passati per la città di Puerto Plata. In nero sono stati marcati i due tornado che sono passati negli ultimi tre anni.

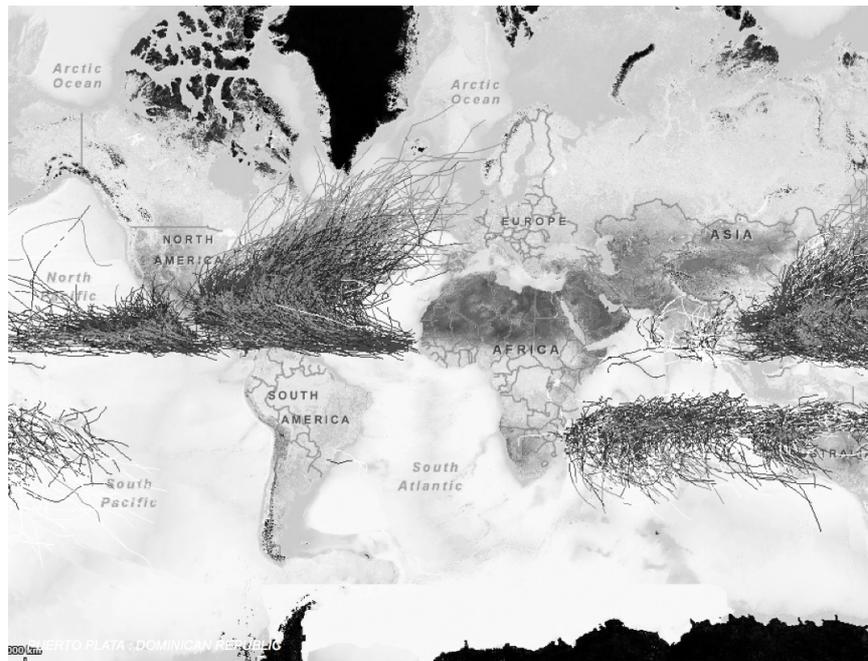


Figura mappa dei tornado nel mondo

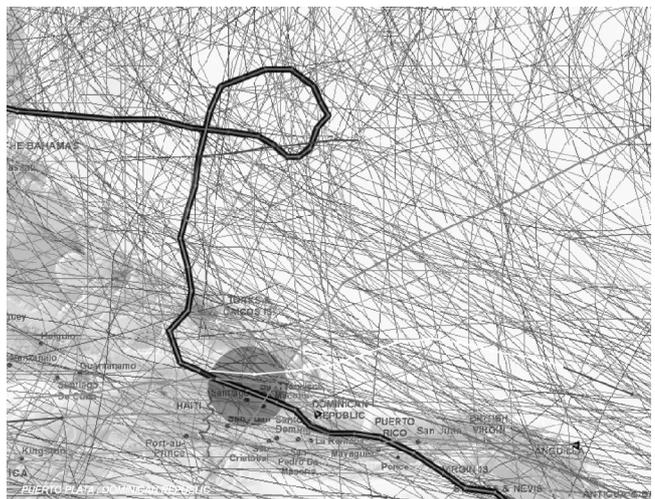
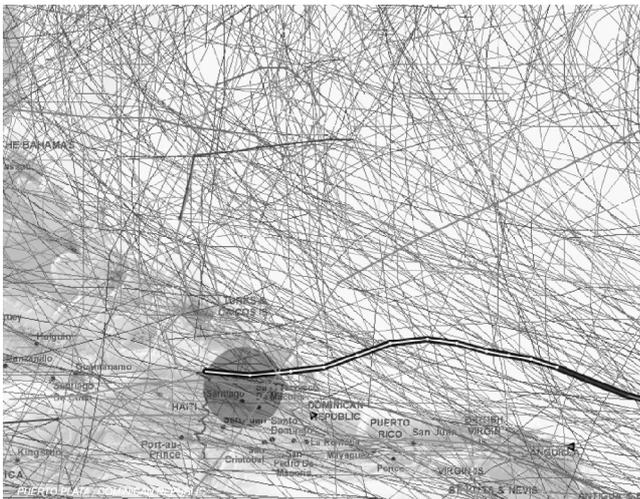
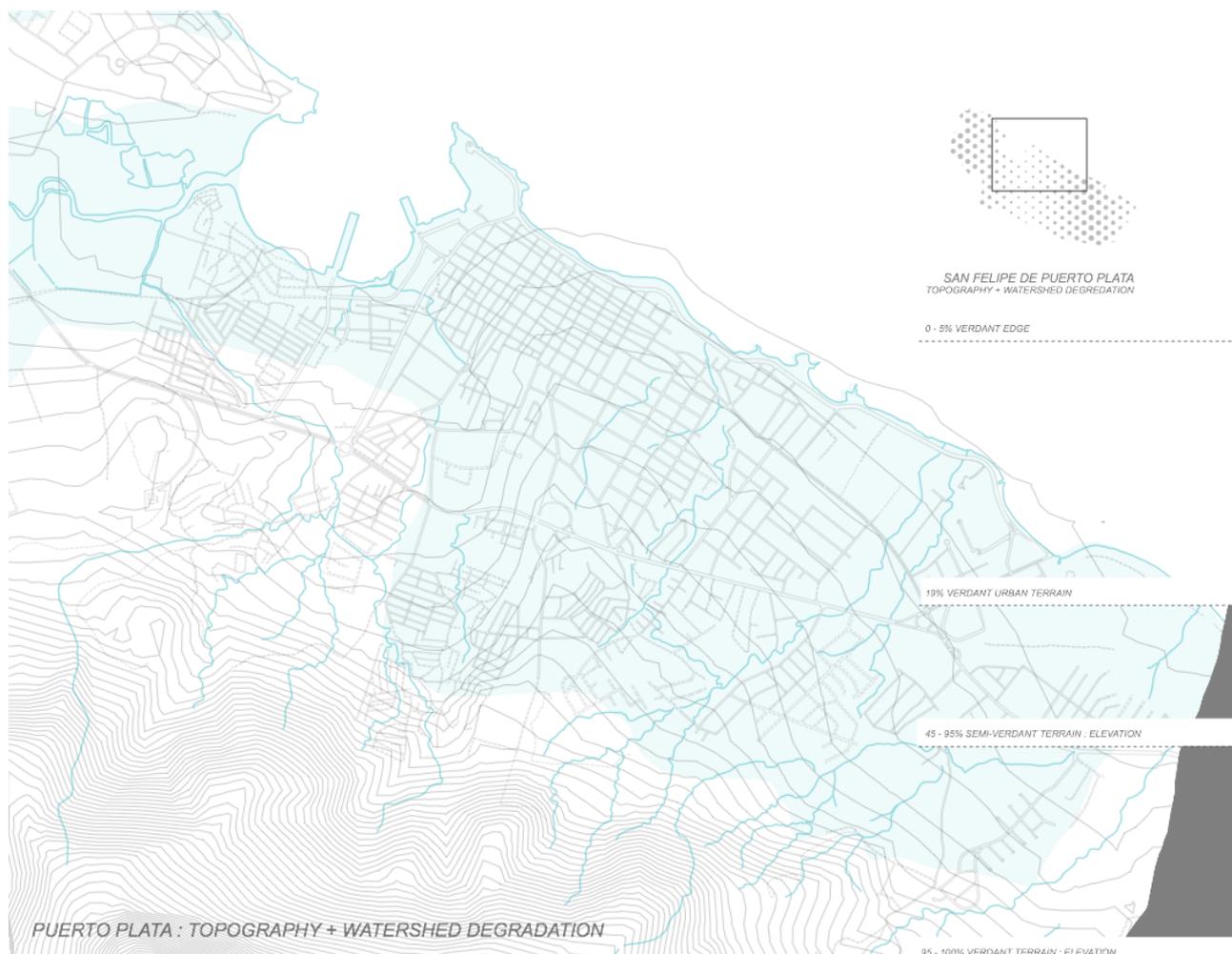


Figura tornado che passa per Porto Plata



Figura Mareggiata vista da una delle favelas di Porto Plata
 Figura Piogge consistenti nella città di Porto Plata

Nell'immagine a seguire i risultati dell'indagine sulla topografia, sul bacino idrografico e sulle aree a verde. In azzurro le aree a rischio allagamenti. Si osserva che le aree a verde sono maggiori nell'entroterra e diminuiscono all'avvicinarsi del lungo mare, maggiormente urbanizzato.

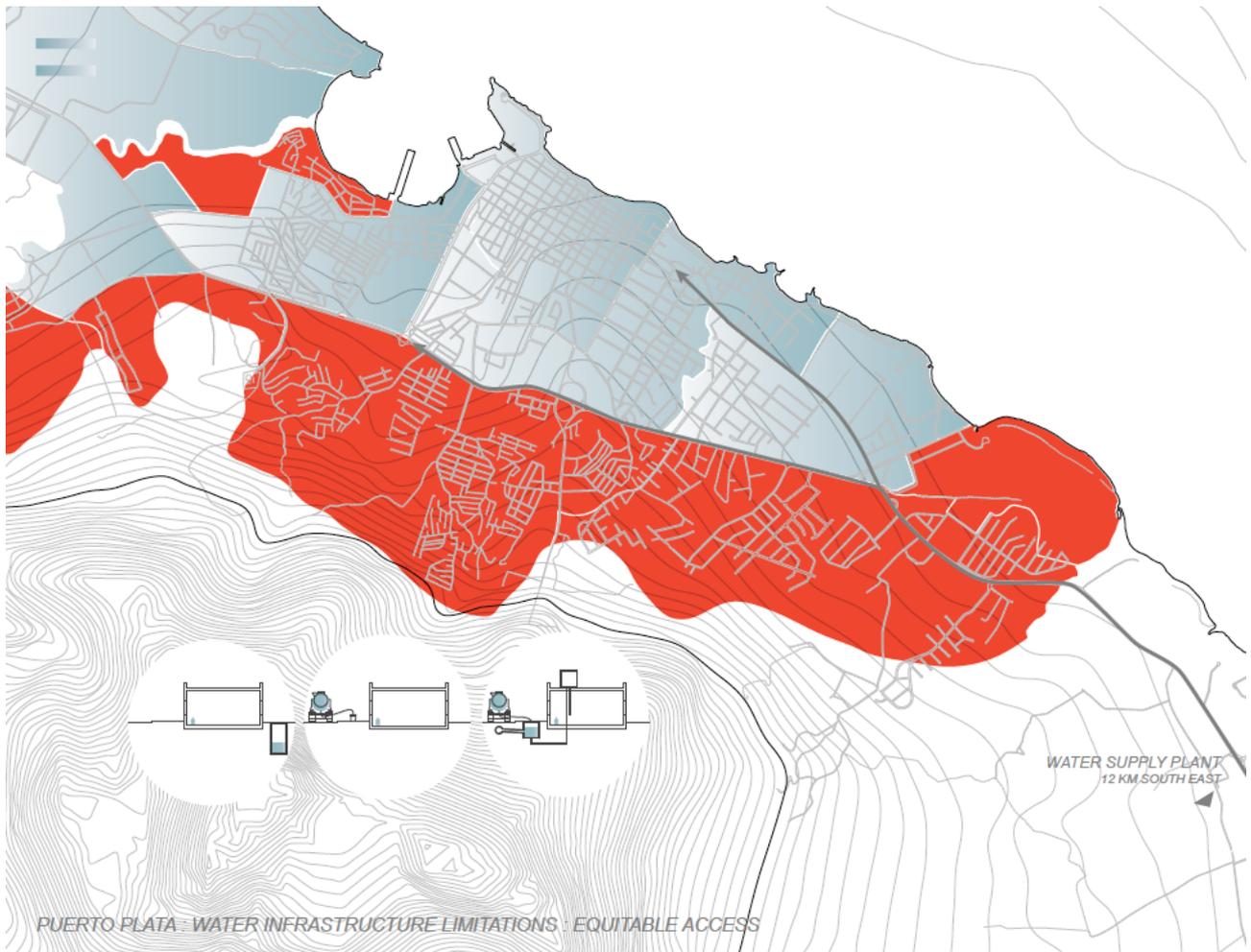


Approvvigionamento idrico, analisi del contesto.

Gran parte della città è soggetta ad allagamenti. L'impermeabilizzazione della città non favorisce l'infiltrazione dell'acqua e la gestione delle risorse idriche in città risulta essere insufficiente per contrastare i problemi ambientali e il rischio legato alle calamità naturali.

Inoltre solo una parte consistente della città non è servita dall'acquedotto. Quest'area è quella colorata di rosso nella mappa che segue e in gran parte coincide con le due grandi favelas e con l'area suburbana della città.

L'approvvigionamento idrico nell'area non servita d'acquedotto viene effettuata tramite camion cisterna, tramite raccolte sporadiche dell'acqua piovana o in rari casi nella combinazione dei due sistemi.



Quello che appare piu' evidente è che nonostante la sovrabbondanza di risorse idriche nella zona vi sia un'enorme carenza di acqua potabile dovuta alla carenza di infrastrutture.

Da altre indagini si apprende che i fabbisogni di acqua potabile della popolazione cittadina sono colmati per il 65,6% dall'acquisto individuale di bottigliette d'acqua. Si è calcolato che i rifiuti generati dal consumo delle bottiglie d'acqua ogni anno raggiungono un volume pari all'area di un campo da baseball 10240 m² moltiplicata per 7 metri d'altezza.

Costi

Nel primo grafico che segue sono stati calcolati i costi relativi all'acquisto di bottiglie d'acqua potabile. E' stato stimato un ammontare complessivo di 144 milioni di dollari per l'anno 2011 e di 4.4 Bilioni di dollari dal 2011 al 2030. Gli interventi per l'approvvigionamento idrico verranno progettati usando una piccola percentuale di questo budget e la loro realizzazione sarà una sostanziale azione di risparmio economico.

Fabbisogni e disponibilità d'acqua.

Basandosi su un fabbisogno giornaliero ad uso domestico di 75 Litri a persona (per bere e per l'igiene personale) una dimensione media di un appartamento che è di 100 m² è stato simulato il caso di una famiglia media di tre persone che abita. Basandosi sulle precipitazioni disponibili è stato calcolato il volume d'acqua che sarebbe possibile raccogliere dal tetto. Il volume eccede di circa 54000 L annui i fabbisogni domestici delle famiglia. Partendo da questa osservazione è stato sviluppato un sistema d'approvvigionamento idrico tramite la raccolta dell'acqua piovana per tutta la città.

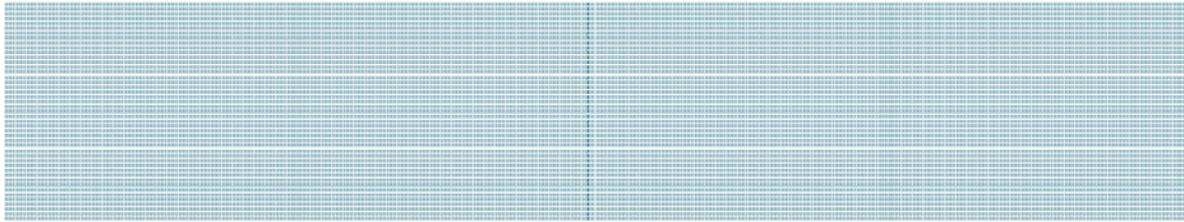


	<i>Cost per Unit</i>	<i>Use percentage</i>	<i>Cost 2011</i>	<i>Cost Accumultion by 2030</i>
	10-35 RD	35 %	1,651,177,787 RD	50,042,462,789 RD
	15 RD	60 %	173,065,995 RD	5,245,133,910 RD
	5 RD	5 %	123,069,152 RD	3,729,873,003 RD
			Total : 2 Billion RD 144 Million USD	Total : 59 Billion RD 4.4 Billion USD

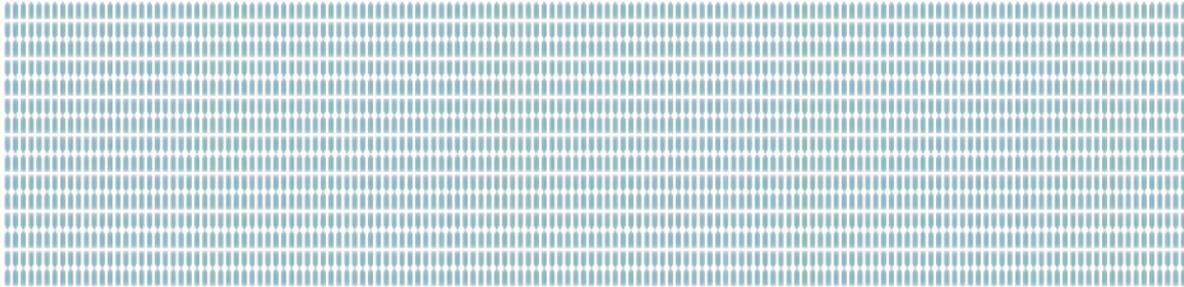
PUERTO PLATA : WATER ECONOMICS



27,000 L / PERSON / YEAR



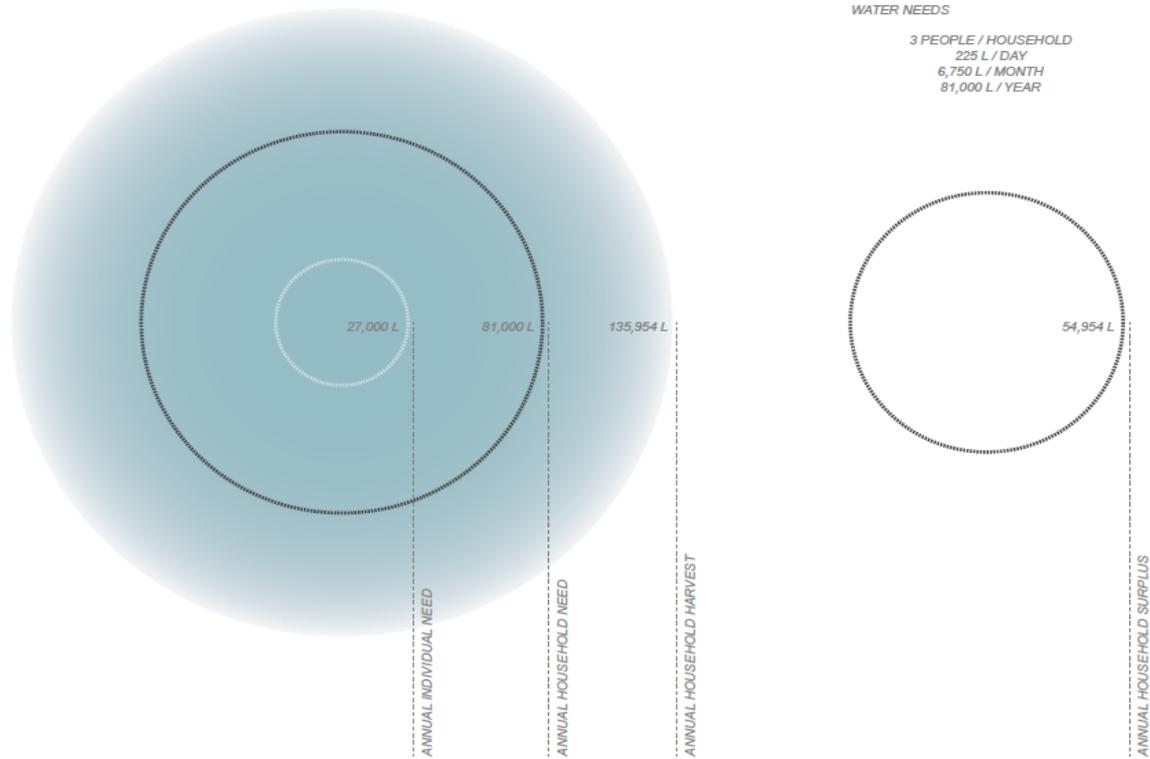
2,250 L / PERSON / MONTH



75 L / PERSON / DAY



PUERTO PLATA : WATER NEEDS PER PERSON



PUERTO PLATA : ANNUAL RAINWATER HARVEST PER 100 SQ METER SURFACE AREA



	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
A	175.3 mm	140.0 mm	128.7 mm	115.1 mm	129.1 mm	51.0 mm	69.8 mm	66.7 mm	63.7 mm	111.0 mm	228.5 mm	231.8 mm
B	15,777 L	12,600 L	11,538 L	10,359 L	11,610 L	4,590 L	6,282 L	6,003 L	5,733 L	9,990 L	20,565 L	20,864 L
C	6,750 L 2,250 L	6,750 L 2,250 L	6,750 L 2,250 L	6,750 L 2,250 L	6,750 L 2,250 L	4,590 L 2,250 L	6,282 L 2,250 L	6,003 L 2,250 L	5,733 L 2,250 L	6,750 L 2,250 L	6,750 L 2,250 L	6,750 L 2,250 L
D	9,027 L 13,527 L	5,850 L 10,350 L	4,833 L 9,288 L	3,609 L 8,109 L	4,860 L 9,360 L	-2,160 L 2,340 L	-406 L 4,032 L	-747 L 3,753 L	-1,017 L 3,483 L	3,240 L 7,650 L	13,815 L 18,315 L	14,114 L 18,614 L

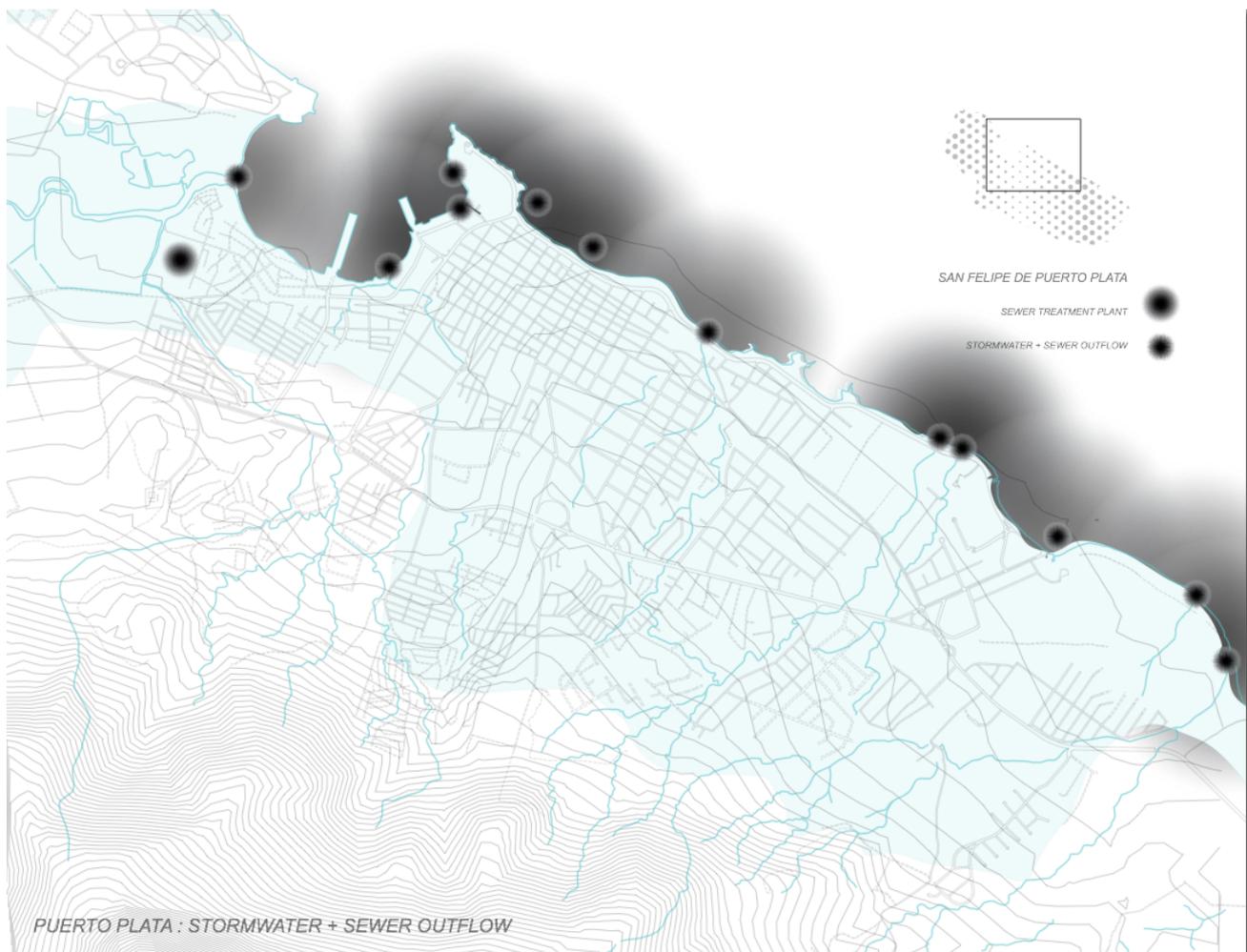
A MONTHLY RAINFALL
 B MONTHLY HARVEST POTENTIAL PER 100 SQ METERS
 C MONTHLY DOMESTIC WATER NEEDS*
 D MONTHLY HARVEST SURPLUS/DEFICIT

PUERTO PLATA : MONTHLY RAINWATER HARVEST PER 100 SQ METER SURFACE AREA

Acque reflue e fenomeni di subsidenza.

Un altro aspetto è legato al fatto che il sistema fognario è di tipo misto e non serve tutta la città. Ci sono aree che usano sistemi isolati come fosse biologiche e aree come le favelas che mandano i liquami direttamente nei fiumi con canali scoperti. Esiste un solo impianto di trattamento primario che è sotto dimensionato per i volumi di acque reflue della città per cui gran parte delle acque reflue vengono scaricate nell'oceano senza alcun trattamento con i conseguenti impatti ambientali. Inoltre nei frequenti casi di forti piogge il sistema fognario viene caricato anche delle acque piovane rendendo così molto difficile la gestione delle acque. Si verificano episodi consistenti di scorrimento superficiale che contribuiscono al dilavamento di particolato e materiali vari alimentando fenomeni di sedimentazione molto dannosi per il litorale di Porto Plata. Sia alla foce del fiume che fuori ogni scarico ci sono vaste aree dove depositano tutti i sedimenti dilavati durante lo scorrimento superficiale.

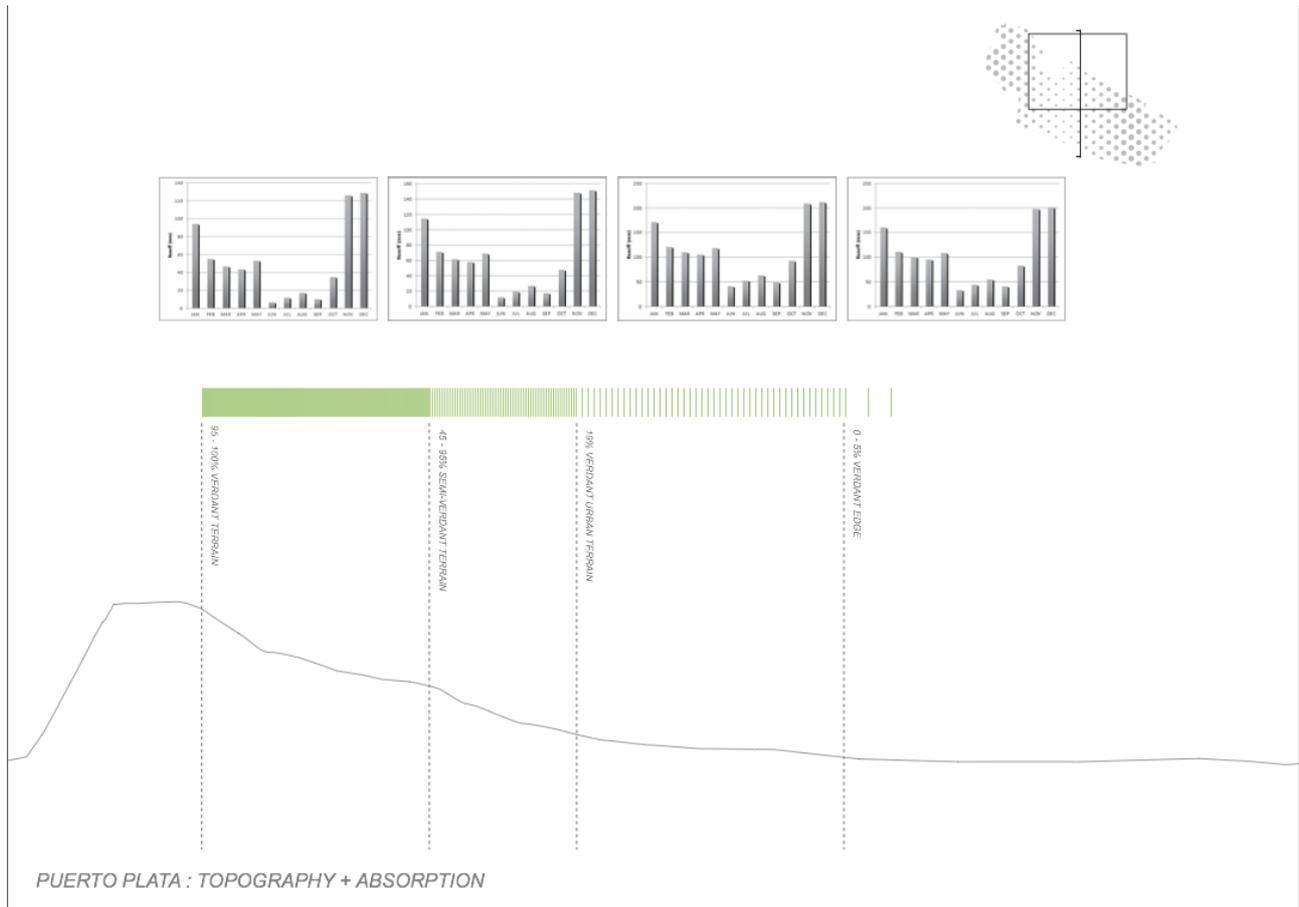
Nella Mappa riportata a seguire sono segnati alcuni degli scarichi (Outflow) delle acque fognarie non trattate con i relativi fenomeni di dispersione e subsidenza. I fenomeni di accumulo di sedimenti sono ben visibili persino dalle foto satellitari, nell'area portuale vicino alla foce del fiume sono talmente ingenti che i sedimenti negli ultimi anni hanno alzato il fondale e le navi più grandi non riescono più ad entrare in porto per mancanza del fondale minimo necessario.



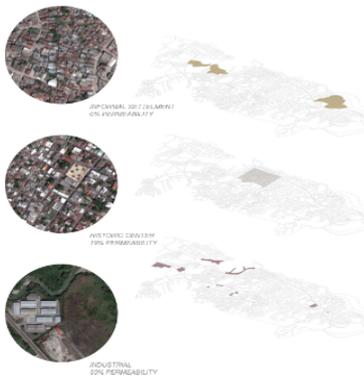
Aree a Verde

Molti dei problemi legati alla gestione delle acque sono legati alla mancanza di zone permeabili e quindi anche alla scorretta distribuzione delle aree a verde. Facendo una sezione della città e dividendo l'area in settori si può constatare che le aree a verdi (permeabili) diminuiscono drasticamente dalla zona montana alla zona costiera:

- Parte montana 95% aree a verde
- Parte a ridosso della città dal 95% al 45% aree a verde
- Parte suburbana 19%
- Parte Urbana e litorale tra 0-5%



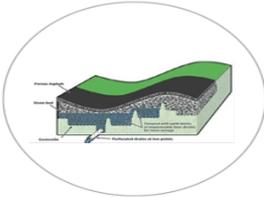
URBAN TYPOLOGIES



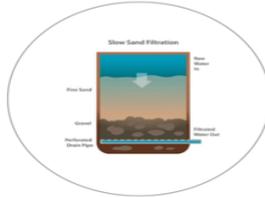
Nel grafico sono indicati anche gli scorrimenti superficiali in proporzione alle precipitazioni mensili per l'ultima area della città.

Interventi per la gestione sostenibile delle risorse idriche nella città di Porto Plata:

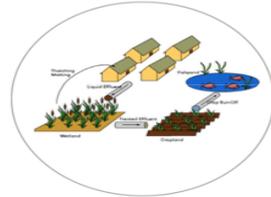
A seguire vengono proposti una serie di interventi per migliorare la gestione delle risorse idriche dell'area urbana. In un'ottica di piccoli interventi LID (low impact development) si suggerisce di intervenire step by step, in maniera progressiva. Per questo per tutti gli interventi si è individuato un obiettivo intermedio per il 2020 e un'obiettivo finale di risanamento della gestione delle risorse per il 2030.



STORMWATER



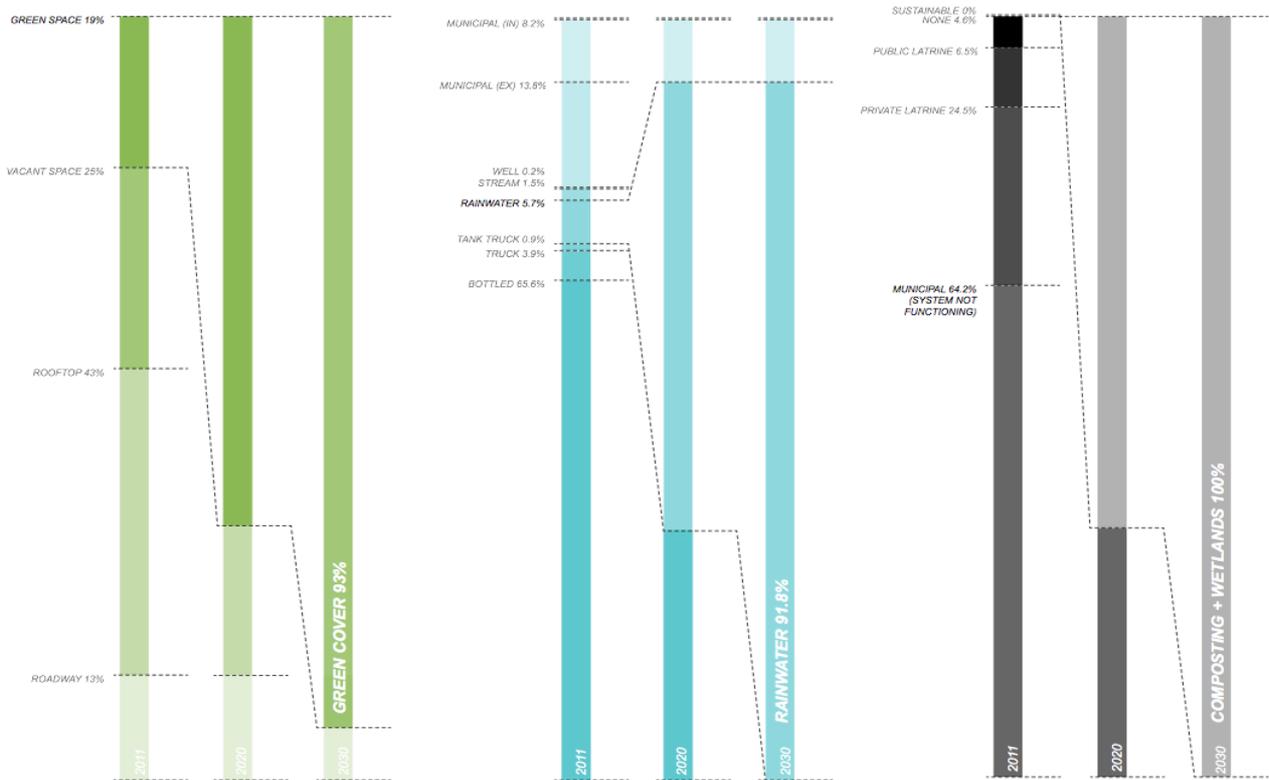
POTABLE WATER



WASTE WATER

BY UTILIZING LOCAL RESOURCES COUPLED WITH NATURAL PROCESSES WE ENVISION AN INTEGRATED WATER MANAGEMENT SYSTEM

PUERTO PLATA : HOW?!



PUERTO PLATA : STORMWATER, POTABLE WATER + WASTE WATER

Terrascape. Interventi a verde. (green infrastructure)

Si suggerisce di aumentare le zone a verde in città che attualmente sono il 19% (area permeabile nel contesto cittadino) aumentando quindi le zone permeabili si diminuirebbe il deflusso superficiale, contrastando molti dei problemi descritti nei capitoli precedenti. Inoltre le aree verdi porterebbero alla città tutti benefici descritti nei capitoli precedenti in termini di benefici ambientali.

Per aumentare le aree verdi (permeabili) sono stati pensati i seguenti interventi:

Orti Urbani. Riabilitare le aree inutilizzate disperse nella città (vacant lot), i lotti non edificati destinandole a verde ricreativo o a orti urbani.

Pavimentazioni permeabili, aiuole e zone d'infiltrazione. Utilizzare asfalti permeabili e pavimentazione permeabili, soprattutto per tutto il lungo mare (malecon) e per la principale arteria di comunicazione della città che corrisponde con una possibile area di assorbimento dello scorrimento superficiale.

Tre Parchi cittadini. Sono state individuate tre aree a verde di grandi dimensioni localizzate ai margini est e ovest del centro cittadino che potrebbero essere ampliate e organizzate in parte sotto forma di parchi ricreativi e in parte per la fitodepurazione e il trattamento terziario delle acque. (wethlands and bioremediation)

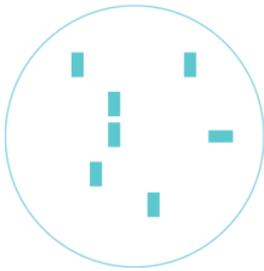
Verde pensile e facciate verdi.

Per aumentare le zone permeabili e trarre i benefici energetici e di mitigazione delle temperature estive si è pensato di realizzazione coperture a verde pensile su alcune strutture industriali di grandi dimensioni già individuate. Inoltre questa fase prevede il completamento di facciate verdi per edifici residenziali nella zona del centro storico.



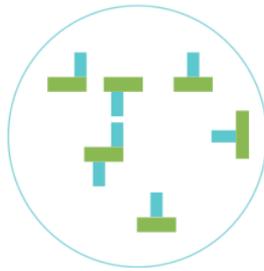
Figura strada nella zona coloniale, nel centro storico di Puerto Plata, prima e dopo la simulazione delle pareti Verdi.

Phasing



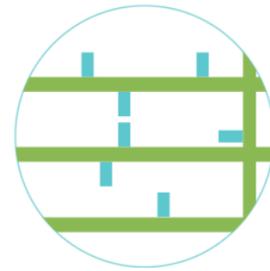
PHASE I

INSTALL COMMUNITY WATER COLLECTION CENTERS WITHIN EXISTING VACANT LOTS UTILIZING LOW-COST UNITS DESIGNED FOR RAINWATER HARVESTING, RUNOFF ABSORPTION, BIORETENTION + URBAN AGRICULTURE



PHASE II

EXPAND UNIT AGGREGATIONS TO ADJACENT STREETS, FURTHER MITIGATE RUNOFF WITH ABSORPTIVE INFILL + GREENERY



PHASE III

CONNECT EXPANDED UNIT AGGREGATIONS TO FORM A COMPLETE NETWORK THAT INCLUDES NATURAL SYSTEMS FOR RAINWATER HARVESTING, RUNOFF ABSORPTION, BIORETENTION + URBAN AGRICULTURE



PUERTO PLATA : BOTANICALLE

Il phasing, ovvero la tempistica per la progressione degli interventi sul territorio segue uno sviluppo graduale. Ovvero si parte da piccoli interventi a verde, a basso costo che vengono ampliati nel tempo per poi arrivare a realizzare gli interventi piu' complessi e dispendiosi. Un altro fattore fondamentale è la capacità di coinvolgimento della cittadinanza e di instaurare processi partecipativi. Per questo sono previsti laboratori per la partecipazione alla progettazione delle aree verdi e ricreative e il coinvolgimento della cittadinanza nella realizzazione degli orti urbani che sono il primo passo del progetto.

Phase 1 (2015) ; (Green area 19% - 34%)

Riutilizzo dei lotti abbandonati in città (Urban gardening)

Si suggerisce di partire dai lotti non utilizzati, ovvero da quelli che secondo Gilles Clement fanno parte del terzo paesaggio e che prima di lui Constant chiamava Terrain vague, questi lotti potrebbero diventare delle aree ricreative o orti comunitari gestiti dagli abitanti del quartiere. Gli orti comunitari potrebbero essere irrigati avvalendosi di piccoli sistemi di raccolta d'acqua piovana. I lotti vuoti in città occupano il 25% della superficie urbana. Rendendo permeabili una parte consistente di queste aree (il 15% della superficie urbana) si passerebbe subito dal 19% al 34% di verde urbano.

Phase 2 (2020) ; (Green area 34% - 42%)

Espansione delle aree verdi. (aree di infiltrazione e verde pubblico)

Nella seconda fase si potrebbero espandere le aree verdi nei lotti non edificati e espandere le zone permeabili nelle aree limitrofe. Ovvero verranno create aree di infiltrazione e aiuole di verde pubblico, si renderanno permeabili alcuni precorsi pedonali e alcune aree di sosta e di parcheggio. Così facendo le aree permeabili complessive passerebbero dal 34 al 42%

Phase 3 (2030) ; (Green area 42% - 65%)

Messa in rete del verde. (Parchi, viabilità, verde pensile e facciate verdi)

Nella terza fase si procede ad una vera e propria messa in rete delle aree verdi, seguendo il principio dei corridoi verdi, verranno realizzati gli interventi piu' dispendiosi che si spera a questo punto saranno possibili da affrontare. Si suggerisce di utilizzare asfalti permeabili, percorsi pedonali permeabili e implementare il verde realizzato a terra con verde pensile, tetti verdi e facciate a verde. In particolare sono stati individuate delle coperture delle aree industriali che potrebbero diventare tetti verdi intensivi. Per questa fase è previsto anche il completamento dei parchi costieri e delle aree di lagunaggio e fitodepurazione. Così facendo si passerebbe dal 42 al 65% di aree a verde o comunque permeabili.

Caso limite teorico

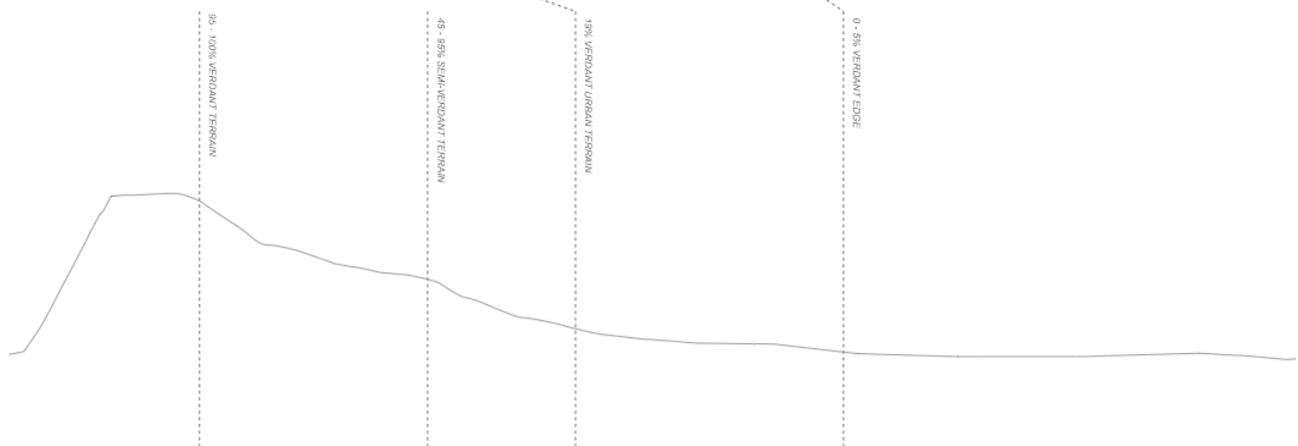
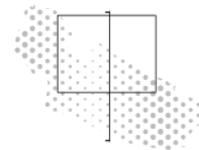
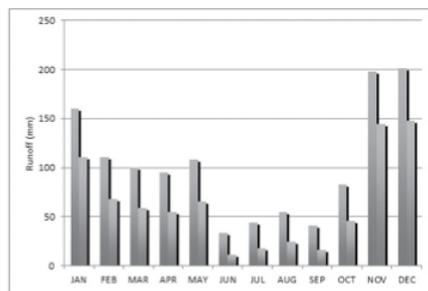
Nel caso immaginario che tutti i tetti fossero a verde pensile le aree di sosta e i percorsi pedonali con materiali permeabili e i lotti abbandonati interamente a verdi si arriverebbe alla quasi completa permeabilità della città (93%) ma ovviamente questo si intende essere un caso limite.



La realizzazione delle aree verdi (permeabili) anche solo per il 50% dell'area urbana sarebbe già un successo in termini di gestione delle risorse idriche del miglioramento delle condizioni ambientali del risparmio energetico legato al condizionamento estivo. Inoltre si fornirebbero aree verdi ricreative e di socializzazione oltre alla possibilità di produzione di ortaggi che contribuirebbero alla sussistenza delle famiglie piu' povere della città.

I tre grandi parchi sono stati pensati per diversi scopi. Nell'ecologia urbana di Porto plata rappresentano delle vere e proprie spugne (sponge) o *Baffer zone* capaci di assorbire grandi quantità di deflusso superficiale. I Parchi realizzati con specie autoctone sono

anche un patrimonio di biodiversità. L'intenzione è utilizzare parte dei parchi anche come aree di Bioremediation e fitodepurazione per le acque di scarico. Il tema relativo alle acque reflue non verrà approfondito in questa sede ma è comunque stato considerato nell'ottica di una visione generale che comprende la gestione di tutte le risorse idriche. Infatti le opere a verde o infrastrutture verdi trattate in questo capitolo sono strettamente legate alle opere di approvvigionamento idrico e alle opere di smaltimento delle acque grige, appare evidente una grossa sovrapposizione negli interventi.

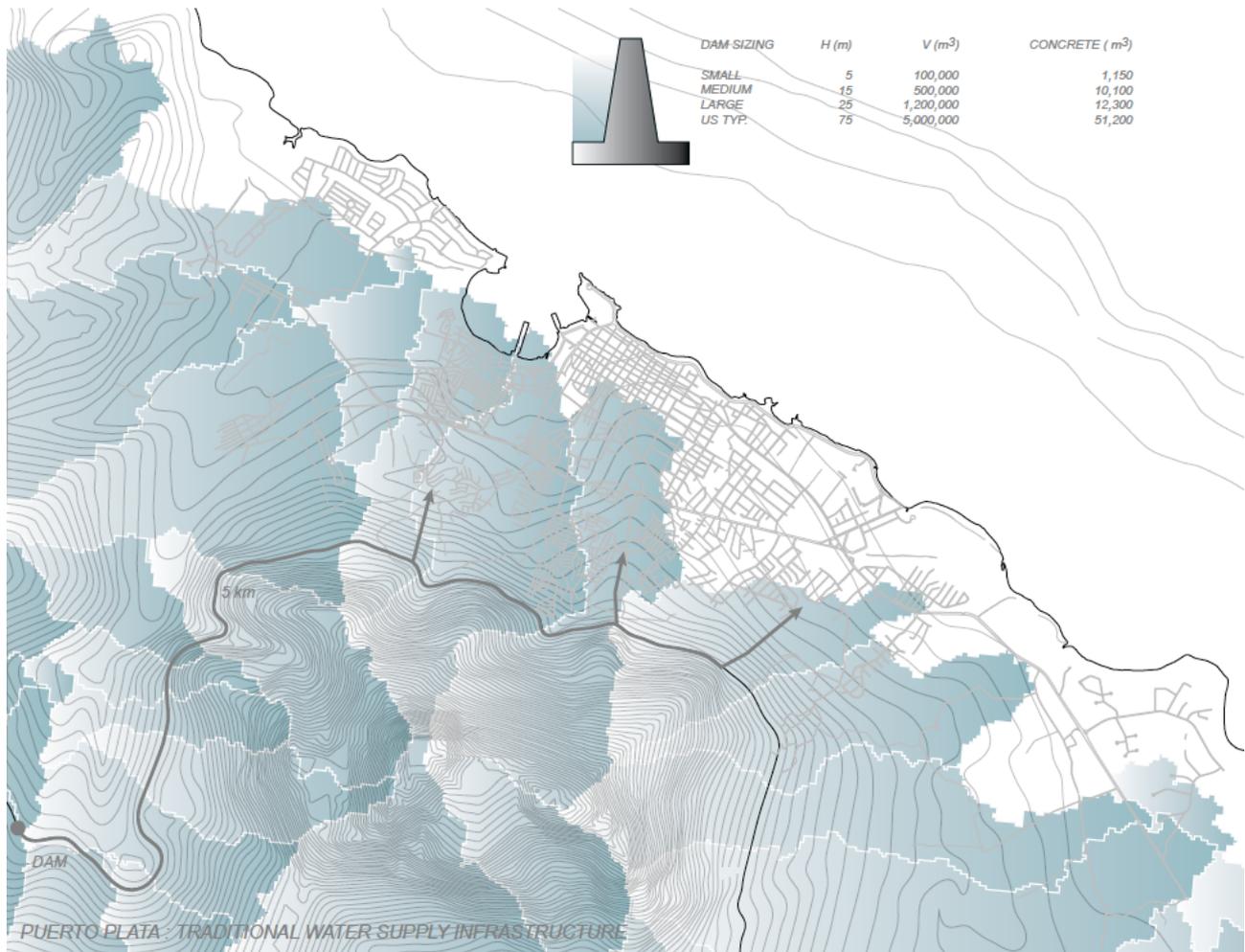


PUERTO PLATA : 2030 PROJECTED RUNOFF REDUCTION

Intervento per l'approvvigionamento idrico.

Premessa: progetto convenzionale

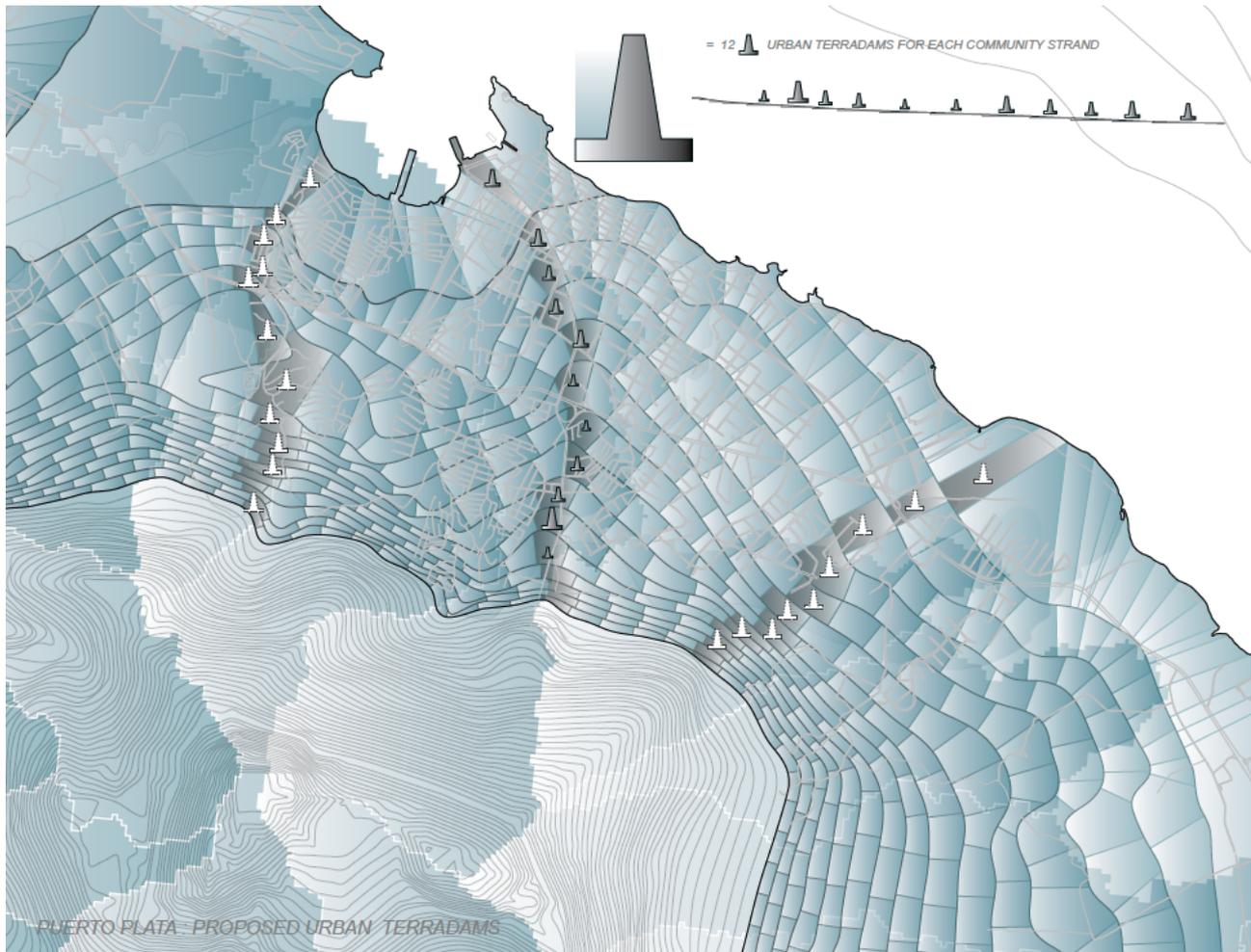
Osservando la topografia è facile individuare i bacini idrografici. La soluzione convenzionale per l'approvvigionamento idrico cittadino sarebbe quella di realizzare una diga con un bacino d'accumolo nell'area montana dimensionata in base ai fabbisogni della città. Dal bacino l'acqua sarebbe stata mandata verso cisterne di accumolo (chateu) e poi distribuita in acquedotto. Questo progetto appare oneroso e soprattutto impattante dal punto di vista ambientale. La realizzazione di un'unica grande diga con invaso allagherebbe una vasta superficie con le risapute conseguenze ambientali. Il progetto Urban Terradam proposto nelle pagine che seguono è stato pensato in alternativa a questo convenzionale ragionando in un'ottica di LID (low impact development)



Urban Terradam: Sustainable water management for Porto Plata

Urban Terradam è un progetto sperimentale per l'approvvigionamento idrico basato sulla raccolta dell'acqua piovana dai tetti su scala urbana.

Urban terradam è coposto da un'area diffusa di raccolta e da numerosi moduli sotterranei di stoccaggio della risorsa idrica distribuiti per la città e dimensionati in modo da sopperire ai fabbisogni idrici per l'intra popolazione. Sono state individuate anche tecnologie appropriate per la potabilizzazione dell'acqua su scala urbana e metodi per il controllo della qualità in modo da garantire una risorsa ottimale per tutta la popolazione.



Il sistema a differenza dai sistemi di raccolta d'acqua piovana su scala edificio è pensato per l'intera città di Porto Plata. La novità, e anche la scommessa, di questa infrastruttura è che si basata su un'idea che si può definire di *mutuo appoggio* nella gestione delle risorse. Ovvero dato che i quartieri della città si sviluppano a diverse quote d'altezza su delle specie di terrazzamenti (ben visibile nella sezione che segue), l'acqua raccolta sui tetti del quartiere a quota più alta viene utilizzata per il quartiere a quota più bassa e così via fino al quartiere disposto a quota zero sul lungo mare della città. Solo per il primo quartiere a quota più alta e a ridosso delle montagne è prevista la progettazione di una piccola diga con bacino d'accumolo in montagna ma di dimensioni molto limitate.



PUERTO PLATA : CONSTRUCTED WATERSHED MOSAIC : COMMUNITY STRAND

La città è stata suddivisa in 15 aree, con altitudini decrescenti. Sono state calcolate 12 volumi di stoccaggio. Dato che le prime tre aree periferiche della città avendo una densità abitativa più bassa sono state accorpate.

Azioni e calcoli intrapresi:

- $F_t = \text{Fabbisogni idrici della popolazione. } F_t = F_a \times N_a$

Dove:

$F_t = \text{fabbisogno totale in m}^3$,

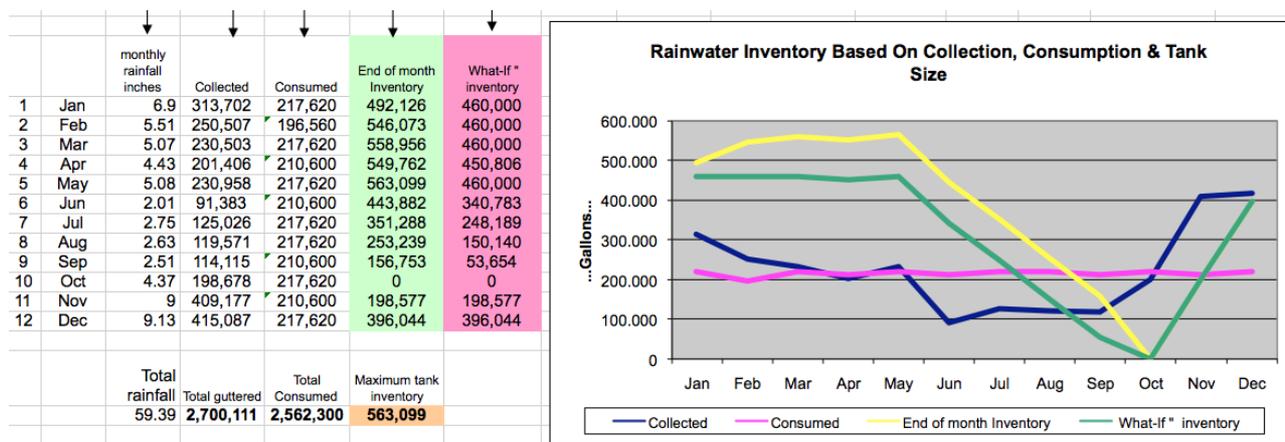
$F_a = \text{fabbisogno per abitante in m}^3$

N_a è il numero di abitanti

- $F_1, F_2, \dots, F_{15} = \text{Fabbisogni idrici per ogni quartiere. (come sopra ma per il quartiere)}$
- $A_t = \text{Area totale dei tetti utilizzabili per la raccolta d'acqua piovana. (Rooftop catchment area)}$
- $A_1, A_2, \dots, A_{15} = \text{Area dei tetti utilizzabili per la raccolta dell'acqua piovana in ogni quartiere.}$
- $Q_{p1}, Q_{p2}, \dots, Q_{p15} = \text{Volume d'acqua piovana potenziale che si puo' raccogliere basandosi sulle precipitazioni medie giornaliere e la superficie di raccolta disponibile per ogni quartiere.}$

- E' stato progettato il modulo di stoccaggio in modo da poter essere facilmente installabile di piccole dimensioni.
- In base ai fabbisogni sono stati dimensionati i volumi di stoccaggio per sopperire al fabbisogno idrico di ogni quartiere e sono stati tradotti in numeri di moduli.

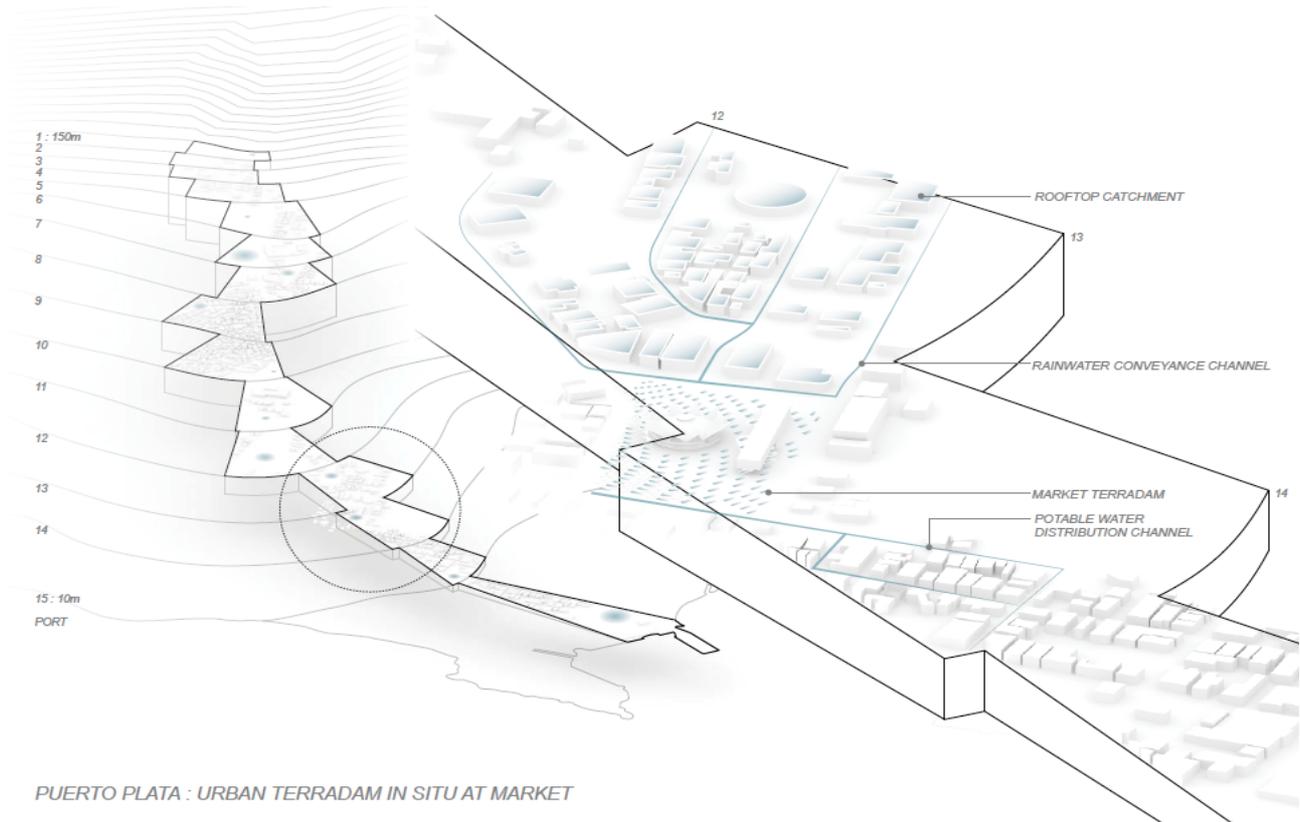
Per il dimensionamento dei volumi di stoccaggio richiesti da ogni quartiere(il numero di moduli) e per i volumi Qp d'acqua piovana che potenzialmente si potrebbe raccogliere sono stati utilizzati due fogli di calcolo. Un primo foglio sulla base dello storico delle precipitazioni giornaliere di alcuni anni e dei consumi giornalieri individua la dimensione delle cisterne di stoccaggio. L'atro analogo si basa su dati di pioggia mensili e fabbisogni mensili e si è rivelato essere un buono strumento per il calcolo di un singolo impianto di raccolta d'acqua piovana, ma molto meno preciso su scala urbana. Inoltre per il cacono degli invasi e' anche stato usato swim. Dal confronto dei risultati ottenuti con questi software si sono dimensionati i volumi di stoccaggio)



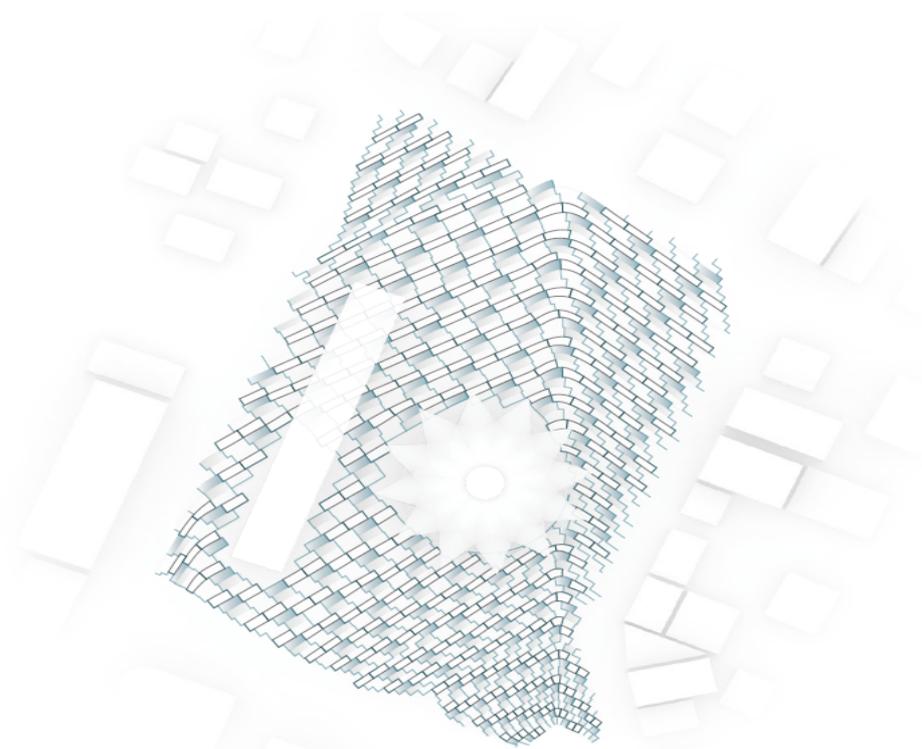
I moduli per lo stoccaggio delle acque ovviamente devono essere interrati nel quartiere dove vengono raccolte le acque. Da questo quartiere con dei sistemi idraulici sotterranei, di cui parleremo piu' avanti, vengono distribuite le acque ai quartieri a quota piu' bassa. Così facendo si alimenta un sistema a catena progettato in modo tale da coprire tutti i fabbisogni idrici della popolazione urbana.

In sostanza il quartiere a quota piu' alta viene usato da riserva per il quartiere a quota piu' bassa che a sua volta raccoglie acqua e fornisce l'acqua al quartiere a quota ancora inferiore. Nell'immagine che segue uno spaccato di un'area di progetto.

Approfondimento: Area del mercato ortofrutticolo.

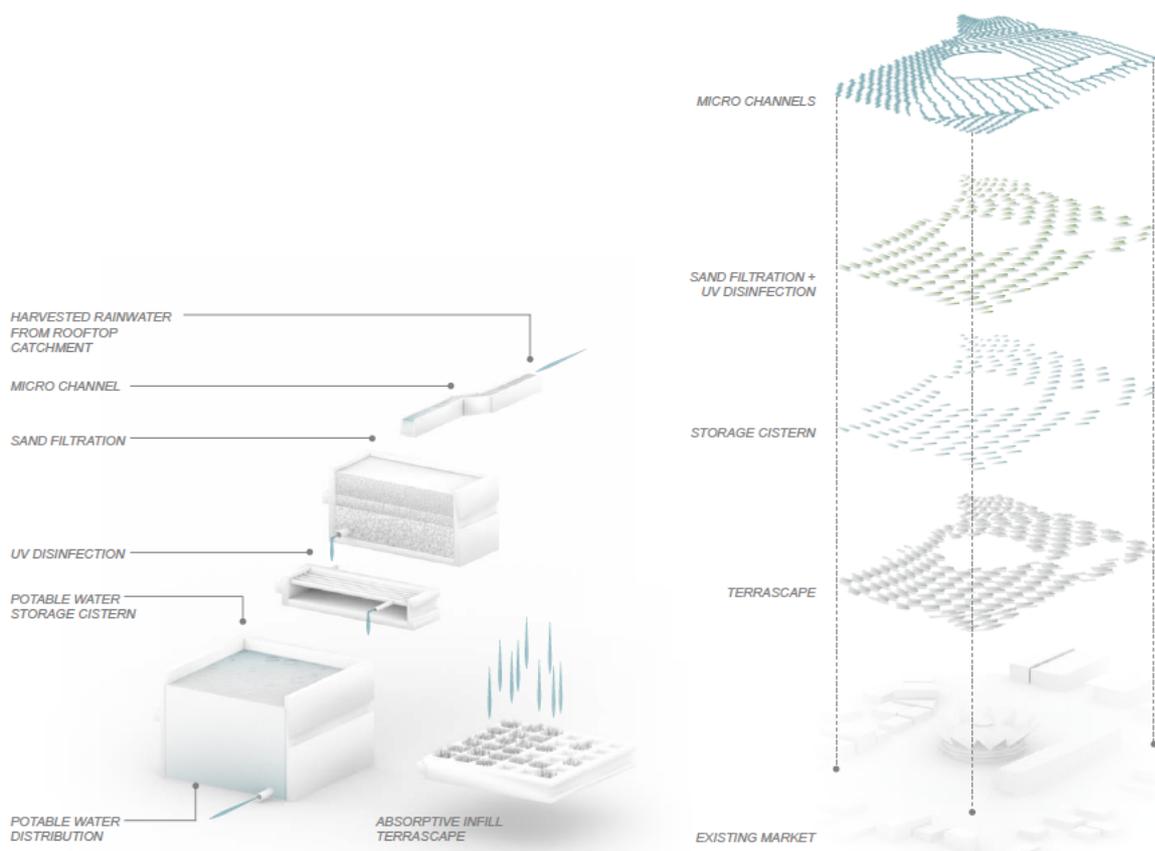


Per l'approfondimento è stata scelta l'area che contiene il mercato ortofrutticolo. Nell'immagine che segue la distribuzione dei moduli di stoccaggio presenti sotto la piazza del mercato ortofrutticolo di Porto Plata.



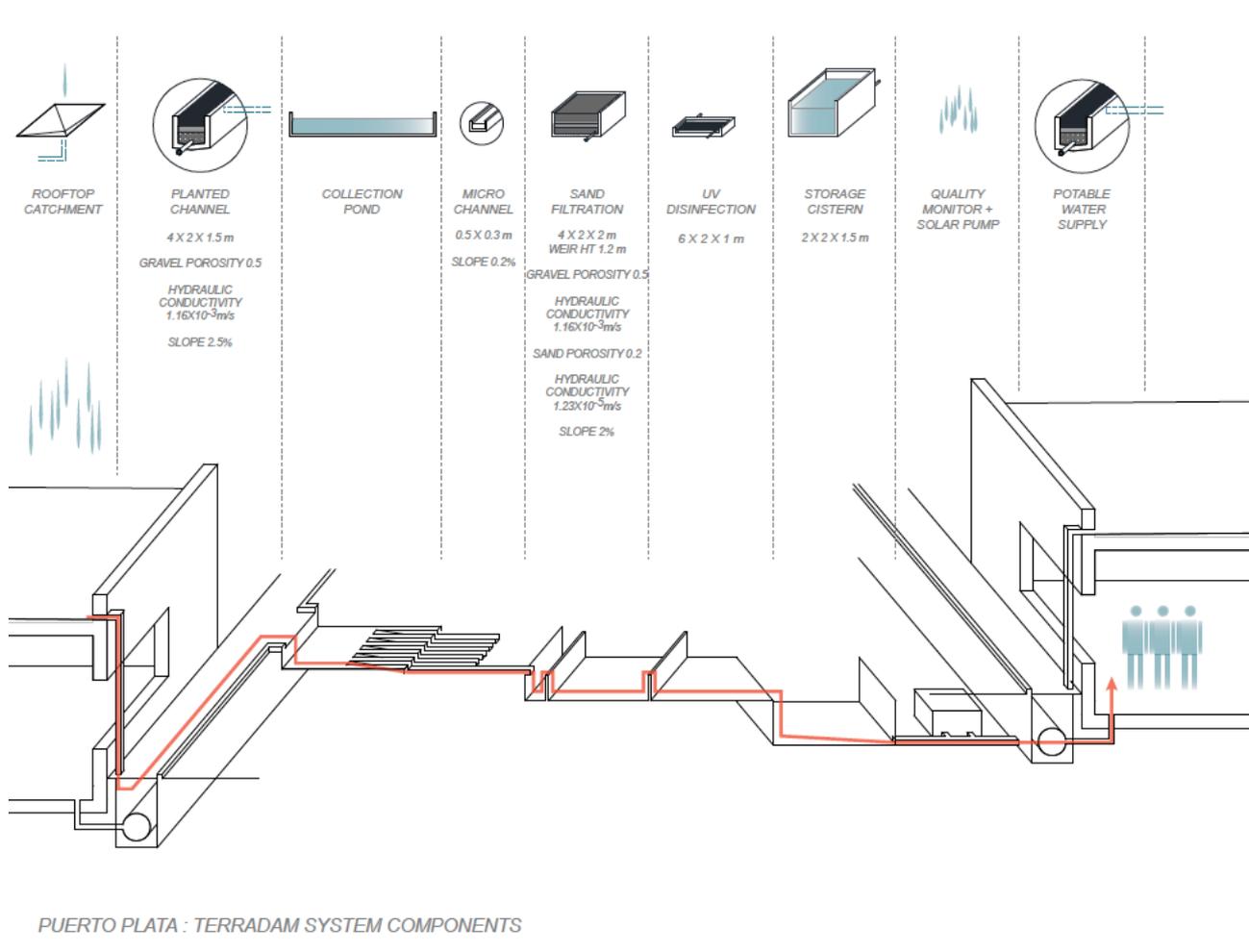
Terradam e Terrascape

In questo caso specifico, del quartiere del mecatò, il volume d'acqua che è possibile raccogliere dai tetti eccedono i fabbisogni idrici del quartiere a quota più bassa (grazie alle consistenti precipitazioni e all'ampia disponibilità di tetti in buone condizioni). In questo caso i progettisti hanno voluto comunque raccogliere tutta l'acqua possibile per poi destinare l'acqua in eccesso ad altri moduli destinati all'infiltrazione sotterranea e all'irrigazione delle zone verdi presenti nella piazza, progettate in contemporanea (vedi parte sullo sviluppo delle aree verdi. *Terrascape*). Nella parte destra dell'immagine che segue viene mostrata l'area della piazza "esplosa". Si può notare come su un piano sono visibili i moduli per lo stoccaggio delle acque ad uso potabile (*Storage cistern*) appartenenti al sistema *Terradam* e su un altro piano i moduli per l'irrigazione e l'infiltrazione del sistema *Terrascape* (*absorptive infill Terrascape*). I moduli del sistema *Terradam* saranno connessi ad un sistema di filtri per la potabilizzazione dell'acqua, mentre i moduli per l'irrigazione e l'infiltrazione (*absorptive infill Terrascape*) appartenenti al *Terrascape* non avendo alte esigenze di qualità delle acque, non saranno collegati ai filtri e non dovranno essere obbligatoriamente interrati ma possono affiorare al livello del piano di campagna.



PUERTO PLATA : URBAN TERRADAM IN SITU AT MARKET

In questa immagine viene mostrato il progetto relativo all'area del mercato in forma "esplosa". Inoltre nella parte sinistra della figura viene mostrato uno schema 3D della parte di stoccaggio e potabilizzazione del sistema Terradam che verrà spiegato nel dettaglio nella prossima immagine.

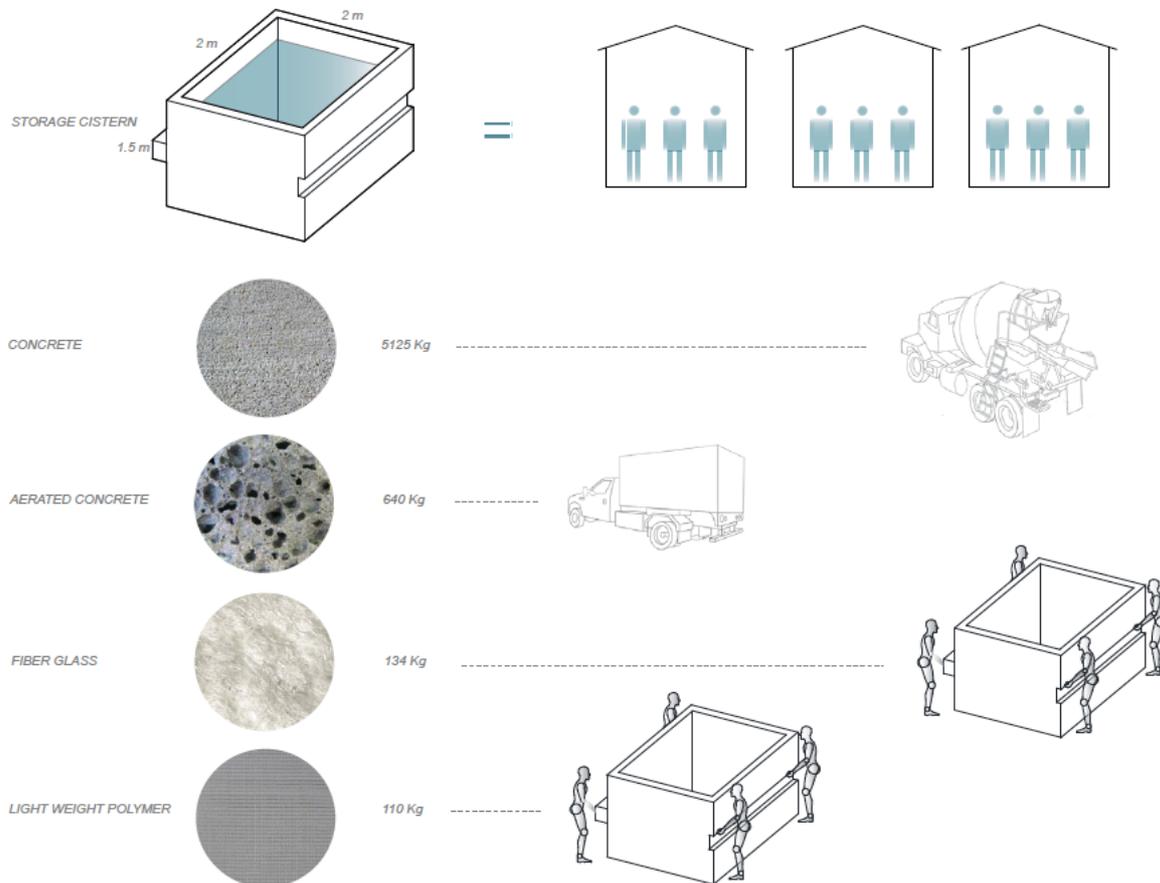


Il sistema Terradam è composto da:

- Tetti per la raccolta dell'acqua piovana, (rooftop catchment)
- Una grondaia che prosegue in un canale sotterraneo riempito con ciottoli con granulometria elevata.
- Una vasca di laminazione
- Una vasca di decantazione
- Un filtro a sabbia con granulometria variabile
- Un filtro UV per la disinfezione.
- Un modulo di stoccaggio o cisterna di stoccaggio
- Una centralina per il monitoraggio della qualità delle acque
- Una pompa alimentata a energia solare in caso di blocchi del sistema a gravità.
- Una tubatura che fornisce l'acqua all'utente finale

Moduli

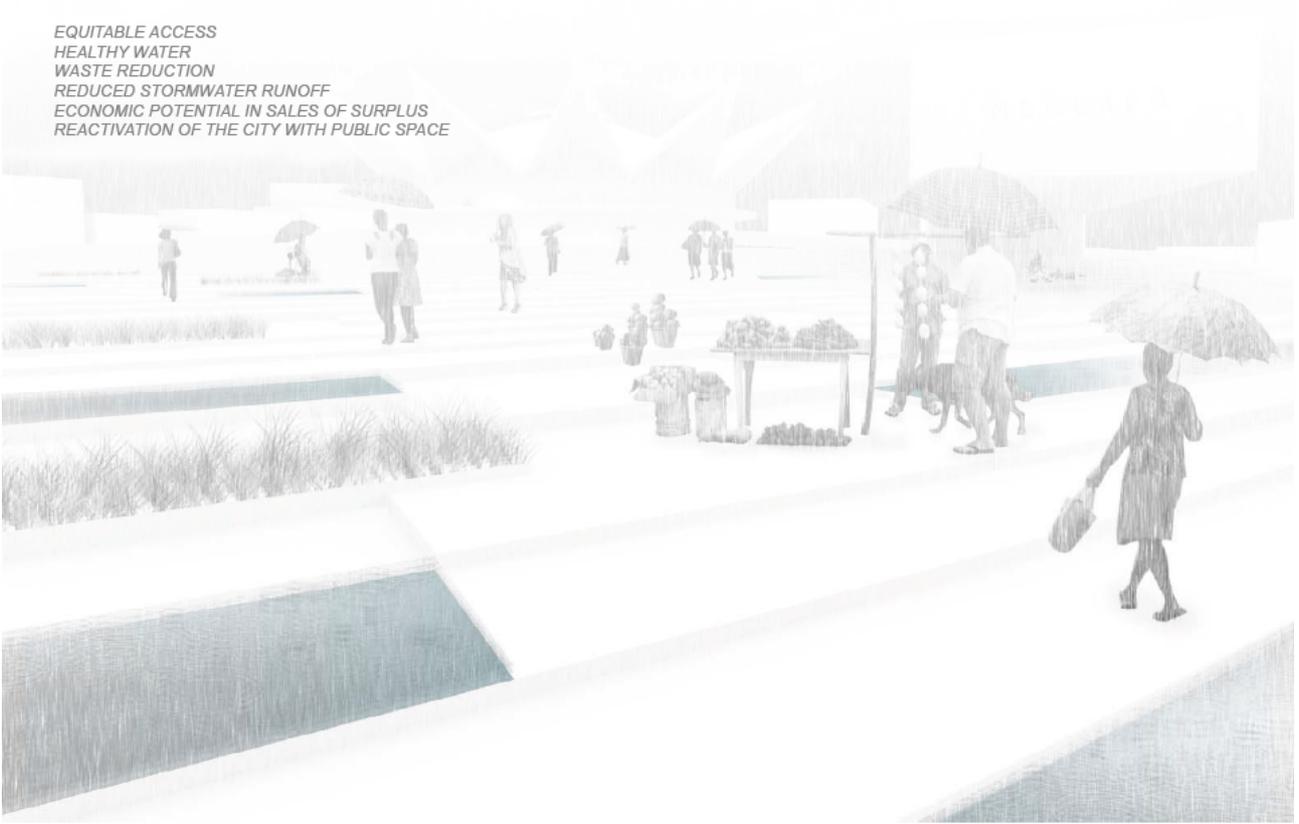
Si vuole approfondire la progettazione dei moduli o cisterne per lo stoccaggio dell'acqua piovana ad uso potabile del sistema *Terradam*.



PUERTO PLATA : TERRADAM MODULE

I moduli, sono il cuore del sistema Terradam e sono stati progettati in modo da essere leggeri e trasportabili da quattro persone. Per questo sono stati valutati vari materiali per la realizzazione del modulo. In primo luogo è stato scartato il cemento per l'eccessivo peso della cisterna. Inoltre è stato considerato l'impatto dell'uso di materiali per la realizzazione delle cisterne e quindi è stata scartata anche la fibra di vetro. Andrebbe fatto uno studio più approfondito sulla possibilità di utilizzare polimeri riciclati, per esempio raccogliendo le bottiglie d'acqua potabile usate in grande quantità in città per realizzare le cisterne in plastica riciclata. Di particolare interesse sono dei speciali polimeri (*light weight polymer*) che consentirebbero di realizzare la cisterna con un peso di circa 110 Kg.

EQUITABLE ACCESS
HEALTHY WATER
WASTE REDUCTION
REDUCED STORMWATER RUNOFF
ECONOMIC POTENTIAL IN SALES OF SURPLUS
REACTIVATION OF THE CITY WITH PUBLIC SPACE



PUERTO PLATA : URBAN TERRADAM IN SITU AT MARKET

16. Conclusioni.

Quando è stato intrapreso questo cammino di ricerca si avevano delle basi solide da cui partire per il lavoro svolto sulle Buone Pratiche per la gestione delle risorse e sulle Tecnologie Appropriate dai ricercatori che mi hanno preceduto e dal sottoscritto. Era stato consolidato un lavoro di ricerca profondo sulle Tecnologie Appropriate e parallelamente si seguivano aspetti della progettazione sostenibile. Circa tre anni fa questi mondi si sono incontrati e si è deciso di intraprendere una ricerca a tutto campo sulla gestione delle risorse idriche e il risparmio energetico. L'idea di trovare casi studio e progetti dove applicare le ricerche fatte serviva per mettere alla prova l'approccio teorico considerato nel maggior numero di contesti pratici possibili.

Questi quattro progetti, a cui si è partecipato in forma attiva, sono serviti per avere una visione globale sulle buone pratiche per l'approvvigionamento idrico ed il risparmio delle risorse energetiche. Un punto di vista globale della questione delle risorse, è certamente d'aiuto per l'individuazione delle giuste soluzioni locali e le buone pratiche da mettere in campo caso per caso, analizzando tutte le problematiche relative ai diversi contesti: culturali, climatici, di scala, dalla scala rurale alla scala urbana, di densità abitativa, di disponibilità economica e di accesso alle risorse.

E' stato utile confrontarsi con il problema della gestione delle risorse idriche ed il risparmio energetico in contesti così diversi. Traendo una conclusione generale si può affermare che a livello globale c'è un profondo interesse per le soluzioni che potremmo dire "sensibili", non tanto per citare i progetti di ricerca che nascono sotto il nome di "sensible city" come quelli del MIT di Boston, ma per rivendicare soluzioni che con tanti piccoli interventi riescono a risolvere problematiche importanti.

Credo che questo sia il più grande degli insegnamenti. L'ingegneria delle grandi opere in nome del progresso è l'ingegneria del passato. Le grandi infrastrutture, le architetture imponenti, le dighe colossali, sono l'autoaffermazione dell'ego di ingegneri e architetti ma non è detto che siano la migliore soluzione per la gestione delle risorse. Anzi questi tre anni di ricerca e di confronto con colleghi in università, nei progetti e nelle conferenze internazionali dimostrano che sempre di più "Small is beautiful". Piccolo è bello. Se un giorno prima di morire l'economista Schumacher affermò ad una conferenza che le Tecnologie Appropriate dovevano essere utilizzate anche nei paesi industrializzati, quel momento è arrivato. Non è un caso che l'ultimo Premio Nobel per l'architettura è stato assegnato a Wang Shu, un architetto cinese che fa delle piccole soluzioni sostenibili e del recupero dell'architettura tradizionale il Manifesto del suo Studio. Se si pensa che solo pochi anni fa a vincere lo stesso premio erano Herzog & De Meuron e Norman Foster, architetti dalle imponenti strutture, si capisce che anche questo è un altro segnale dell'inversione di tendenza. Una sterzata verso le soluzioni intelligenti, sostenibili e poco impattanti.

Durante questi anni di ricerca oltre ad avere delle conferme in ambito teorico e di approccio alla gestione del problema si sono volute approfondire delle tecnologie considerate chiave di questo cambiamento.

Per le zone aride si è voluto studiare la distillazione solare, tecnica al centro di numerose ricerche internazionali, soprattutto nelle università e centri di ricerca dei Paesi Arabi, India, Cina, Giappone. Trovare un modo efficiente per distillare l'acqua con il sole risolverebbe i problemi legati alle risorse idriche e agli alti costi energetici degli impianti di dissalazione per un insieme di territori vastissimo che si estende per tutta la terra nella fascia equatoriale.

In quest'ambito è stato individuato il modello più avanzato di distillatore solare tubolare (TSS) ed è stato implementato aggiungendo un collettore solare parabolico. I risultati a confronto sono sensibilmente migliorati.

Questo vuole essere un piccolo contributo per la ricerca nell'ambito di questa soluzione che a tutti gli effetti è una Tecnologia Appropriate per la depurazione delle acque nelle zone desertiche e rurali.

Inoltre si è voluto approfondire il tema delle Khetara per l'approvvigionamento idrico nelle zone desertiche, questo studio ha messo in luce quali sono le maggiori criticità dell'approvvigionamento idrico in queste aree. Grazie anche al caso studio del progetto "Dal deserto all'Oceano" si è potuto avere un quadro chiaro della qualità della risorsa idrica nelle aree desertiche e in particolare quella dell'anti atlante nelle vicinanze di Fom Zgued.

Una risorsa idrica spesso altamente salina, con concentrazioni di sali tra 2 e 4 g/l e a volte con valori alti di concentrazione di Arsenico per cause naturali. Questo dato ha confermato anche l'utilità dell'utilizzo di sistemi a distillazione solare. Inoltre grazie al caso studio in Marocco si è potuto constatare la gestione errata della risorsa e il sovrasfruttamento della falda da parte di pompe a diesel non controllate. Per questo abbiamo invece individuato nelle Khettera la soluzione che più equamente distribuisce la risorsa idrica e allo stesso tempo garantisce il ricarica della falda e non utilizza alcuna forma di energia ma solo la forza di gravità. Abbiamo visto come le infrastrutture verdi sono la scelta migliore per la gestione delle risorse idriche rinnovabili in ambito urbano e grazie al caso studio di New York abbiamo anche avuto un'idea dei volumi d'acqua trattenuti e sottratti alle fognature e dei costi di gestione in gioco che si possono risparmiare. A ulteriore conferma le scelte in termini di gestione dell'amministrazione di New York che ha recentemente intrapreso la strada delle soluzioni verdi quantificando non solo un risparmio nel tempo dal punto di vista strettamente economico ma anche sul danno ambientale. Abbiamo visto come le infrastrutture verdi diventano "Manifesto" anche in un recentissimo progetto a Milano di giardino pensile e verde verticale. Questo progetto ci ha dato modo di vedere la piccola scala dopo aver indagato i benefici delle infrastrutture verdi su la scala urbana di New York.

A chiudere i casi studio, il Progetto per la città di Porto Plata che è quello che riassume più interventi allo stesso tempo e forse è anche quello più sperimentale e ancora in fase di studio.

Questo progetto ci ha proposto un'ulteriore scenario e problematiche con cui confrontarsi e che hanno richiesto competenze diverse. Sono state ideate sia le soluzioni a verde che le soluzioni per l'approvvigionamento idrico con un approccio "site specific", si è rivelato fondamentale capire il contesto in cui si operava.

Per questo progetto si è voluto programmare una soluzione avveniristica che comunque si basa sulle conoscenze tradizionali.

Ciò che accomuna tutti i progetti è la sensibilità per trovare la giusta soluzione o meglio tante piccole soluzioni che sappiano risolvere un grande problema e allo stesso tempo tengano conto delle conoscenze tradizionali e le condizioni pregresse del territorio e delle risorse naturali. Questa "sensibilità" è stata definita in questo testo "site specific sustainable approach" (S3A).

In conclusione per la gestione sostenibile delle risorse, si devono individuare tecnologie e infrastrutture che mirano il più possibile a conservare, riutilizzare e valorizzare la risorsa naturale, che utilizzino risorse rinnovabili, che siano integrate nel tessuto urbano e rurale e siano di piccola scala ma diffuse nel territorio. Sono le tecnologie della terza rivoluzione industriale, sono le tecnologie dello sviluppo a basso impatto (Low Impact Development) Soprattutto è necessaria una profonda conoscenza del contesto d'intervento per trovare la chiave di lettura contemporanea delle soluzioni tradizionali. Bisogna stimolare i meccanismi virtuosi che rigenerano, mantengono e rinnovano gli ecosistemi che sono fondamentali per le risorse naturali delle aree esaminate e per chi le abita. Questo non deve essere interpretato come una volontà antitecnologica anzi si ritiene che bisogna investire nella sperimentazione di nuovi materiali e di nuove tecnologie ma che vadano nella direzione della sostenibilità.

ALLEGATO A

Analisi effettuate sul campo. Analisi effettuate per 35 pozzi, 25 ad uso agricolo e 10 ad uso potabile

Es Semira

Data	Ora	Pozzo	Descrizione	T _{amb} (°C)	N° Campione	N° Campione	Coordinate			Profondità Nominale (m)	Profondità Freatmetro (m)	Water Test				Sonda Multiparametro									
							N (°)	WO (°)	Quota (m)			T (°C)	EC	pH	MV	T (°C)	i S/cm	SAL (%)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (%)	T (°C)			
08/11/2009	13.30	1	Acqua Potabile - Chateau			1,2	30°08'10,1"	06°48'21,0"	698	29		28,7/25,2	1448/1326	7,8/7,9	223/234										
08/11/2009		2	Acqua Potabile - Chateau	26		3,4	30°08'09,0"	06°48'15,3"	703	24															
08/11/2009		3	Pozzo quasi inutilizzato - maison d'hotel				30°08'24,6"	06°49'35,4"	663	15,34		25,7	1923	7,1/7,4	295										
11/11/2009	16.39	4	Pozzo Agricolo - Omar			16	30°08'19,9"	06°48'15,3"	706	25 (pelo libero) 30 (fondo)		27,6	1580	7	318	26,9	2260	1	7,05	7,1	98	27,5			
14/11/2009	11.43	1	Acqua Potabile - Chateau		2	3	30°08'10,1"	06°48'21,0"	698	29	26					25,6	1367		8,07	4,57	60,07	26,2			
14/11/2009	9.40	2	Acqua Potabile - Chateau		1		30°08'09,0"	06°48'15,3"	703	24	20,4					25,8	1157		7,66	4,11	54,5	26,2			
17/11/2009	17.10	3	Pozzo quasi inutilizzato - maison d'hotel	24,8	1		30°08'24,6"	06°49'35,0"	690		15					24,2	132100	7,7	7,6	3,68	47,5	24,6			
24/11/2009	10.05	1	Acqua Potabile - Chateau		6		30°08'10,2"	06°48'21,0"	702							27	1679	0,7	8,03	4,76		26,4			
24/11/2009	10.20	2	Acqua Potabile - Chateau		7		30°08'09,8"	06°48'15,1"	699		20,27					26	1165	0,4	7,82	3,68		24,3			
24/11/2009	10.20	5	Pozzo Agricolo				30°08'14,9"	06°48'08,4"	698		20,27					24,8	1915	0,8	7,46			24,8			
24/11/2009	10.54	6	Pozzo Agricolo				30°08'17,7"	06°48'10,4"	707		22,75					24,8	2530	1,2	7,36			24,8			
24/11/2009	11.11	7	Pozzo Agricolo				30°08'26,2"	06°48'11,9"	709		22,89					24,8	3880	2	7,23			24,8			
24/11/2009	11.20	8	Pozzo Agricolo				30°08'27,6"	06°48'08,4"	711		24,34					24,8	2000	0,9	7,46			24,8			
24/11/2009	11.38	9	Pozzo Agricolo				30°08'16,0"	06°48'24,5"	705		21,6					25,6	11620	6,7	7,16			25,6			

Oulad Hammou

Data	Ora	Pozzo	Descrizione	T _{amb} (°C)	N° Campione	N° Campione	Coordinate			Profondità Nominale (m)	Profondità Freatmetro (m)	Water Test				Sonda Multiparametro									
							N (°)	WO (°)	Quota (m)			T (°C)	EC	pH	MV	T (°C)	i S/cm	SAL (%)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (%)	T (°C)			
08/11/2009	16.14	1	Acqua Potabile	28,6		5	30°08'07,3"	6°49'43,7"	692	11 (prelievo secchio)		23,7	1610	7,7	275										
08/11/2009	16.27	1	Acqua Potabile	28,6		6	30°08'07,3"	6°49'43,7"	692	20 (prelievo pompa)		25,9	1745	7,6	264										
14/11/2009	13.25	1	Acqua Potabile		4		30°08'07,3"	6°49'43,7"	692		13,14					23,5	2530		7,81	3,98	49,7	23			
17/11/2009	10.33	1	Acqua Potabile				30°08'10,1"	6°48'21,0"	698		13,14					23,5	2530		7,81	3,98	49,7	23,5			
25/11/2009	10.20	1	Acqua Potabile	25,6	9		30°08'10,1"	6°48'21,0"	698		14					25,6	2860	1,4	7,62	2,69	33,5	25,6			

tot pozzi 1 24,2 2640 7,7466667 3,55 44,3 24,0333333

Oulad Jamaa

Data	Ora	Pozzo	Descrizione	T _{amb} (°C)	N° Campione	N° Campione	Coordinate			Profondità Nominale (m)	Profondità Freatmetro (m)	Water Test				Sonda Multiparametro									
							N (°)	WO (°)	Quota (m)			T (°C)	EC	pH	MV	T (°C)	i S/cm	SAL (%)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (%)	T (°C)			
08/11/2009	17.23	1	Acqua Potabile	24,5		7	30°08'07,3"	6°50'27,7"	688	14 (prelievo pompa)		25,5	1656	7,4	235										
14/11/2009	14.15	1	Acqua Potabile		5		30°08'07,3"	6°50'27,7"	688							24,9	2510		7,65	4,38	57	24,9			
17/11/2009		2	Pozzo Agricolo				30°08'07,00"	6°50'09,05"	703		23,54					24	5760					24			
17/11/2009		3	Pozzo Agricolo				30°08'08,06"	6°50'12,9"	687		9					25,6	9200		7,16			25,6			
17/11/2009	11.40	4	Pozzo Agricolo				30°08'06,09"	6°50'19,4"	688	14						26,8	6440		7,38			26,6			
17/11/2009	12.10	5	Pozzo Agricolo				30°08'05,3"	6°50'18,9"	690		14,25					25,1	4820		7,49			25,3			
25/11/2009	11.00	6	Pozzo Agricolo				30°08'09,5"	6°50'13,0"	688							25,6	9440	5,3	7,27	3,54	45,6	25,6			
25/11/2009	13.00	1	Acqua Potabile		10		30°08'07,3"	6°50'27,7"	688							21	2510	1,2	8			21			

tot pozzi 5

Quiftout

Data	Ora	Pozzo	Descrizione	T _{amb} (°C)	N° Campione	N° Campione	Coordinate			Profondità Nominale (m)	Profondità Freatimetro (m)	Water Test				Sonda Multiparametro							
							N (°)	WO (°)	Quota (m)			T (°C)	EC	pH	MV	T (°C)	µS/cm	SAL (%)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (%)	T (°C)	
10/11/2009		1	Acqua Potabile	29,4			12,13	30°06'46,1"	06°52'42,0"	667	9 (pelo libero) 17 (pompa) 20 (fondo)		26/01/1904	1664	7,1	187	25,5	2490	1,2	7,15	0,8		25,5
15/11/2009	13.36	1	Acqua Potabile		10	11		30°06'46,1"	06°52'42,0"	667							26,4	2490	1,2	7,38	3,58	47,5	26,4
15/11/2009			Acqua Potabile proveniente da rubinetto domestico														28	2490		7,56	4,25	60,5	27,8
24/11/2009	17.33	1	Acqua Potabile		8			30°06'46,1"	06°52'42,0"	667							25,6	2470	1,1	7,87	3,59	47	25,6

Oulad El Mahroug

Data	Ora	Pozzo	Descrizione	T _{amb} (°C)	N° Campione	N° Campione	Coordinate			Profondità Nominale (m)	Profondità Freatimetro (m)	Water Test				Sonda Multiparametro							
							N (°)	WO (°)	Quota (m)			T (°C)	EC	pH	MV	T (°C)	µS/cm	SAL (%)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (%)	T (°C)	
09/11/2009		1	Acqua Potabile/Agricola	27		8	30°08'00,5"	06°50'55,3"	678	19 (prelievo pompa)			25,5	1683	7,5	190		2970	1,4	7,56	4,74	63,9	27
09/11/2009		2	Acqua Potabile	29		9	30°08'00,5"	06°50'56,0"	679	10			23	694	8,1	244	22,5	804			4,23	53,4	23,4
14/11/2009	16.40	1	Acqua Potabile/Agricola			6	30°08'00,5"	06°50'55,3"	678		12						23,5	2960	1,4	7,87	4,91	61,7	23,6
14/11/2009	17.01	2	Acqua Potabile								8,8 (da p.c.)						21,1	841	0,2	8,37	5,05		21,1
15/11/2009	15.21	2	Acqua Potabile			7	30°08'00,5"	06°50'56,0"	679								21,9	841	0,2	8,15	5,14	64,3	21,8
23/11/2009	15.00	1	Acqua Potabile/Agricola			4	30°08'00,5"	06°50'55,3"	678		9,25						24,8	2100	0,9	7,79	4,6	61,2	24,8
23/11/2009	15.05	2	Acqua Potabile			5	30°08'00,5"	06°50'56,0"	679		9,43						21,6	949	0,2	8,23	5,3		20,7
23/11/2009	15.30	3	Pozzo Agricolo				30°07'55,2"	06°50'58,2"	679		8,27						25,2	5860	3,2	7,2	5,3		24,9
23/11/2009		4	Pozzo Agricolo				30°07'54,0"	06°50'59,1"	680		8						25,9	6640	3,6	7,1	5,3		25,7
23/11/2009	15.45	5	Pozzo Agricolo				30°07'52,3"	06°51'03,6"	687		7,79						25,6	6700	3,7	7,04	5,3		25,8

Laghwane

Data	Ora	Pozzo	Descrizione	T _{amb} (°C)	N° Campione	N° Campione	Coordinate			Profondità Nominale (m)	Profondità Freatimetro (m)	Water Test				Sonda Multiparametro							
							N (°)	WO (°)	Quota (m)			T (°C)	EC	pH	MV	T (°C)	µS/cm	SAL (%)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (%)	T (°C)	
09/11/2009		1	Acqua Potabile	27,6		11	30°07'49,6"	06°51'23,0"	674	14 (pompa) 8 pelo libero 15,5 fondo			25,4	679	7,9	241	25,8	792		7,92	3,53	43,8	23,2
15/11/2009	11.07	1	Acqua Potabile			8	30°07'49,6"	06°51'23,0"	675		7,2						26,2	807	0,2	7,83	4,17	54,4	26,2
23/11/2009		1	Acqua Potabile			1	30°07'48,8"	06°51'23,3"	637		7,27						25,4	832	0,2	8,08			25,1
23/11/2009		2	Pozzo Agricolo				30°07'53,2"	06°51'27,1"	686		8,82						21,6	2410	1,1	8,18			21,3
23/11/2009	10.35	3	Pozzo Agricolo				30°07'56,7"	06°51'22,7"	683		8,46						26,1	2540	1,2	7,74			26
23/11/2009	10.54	4	Pozzo Agricolo				30°07'56,2"	06°51'24,4"	688		9,24						24,7	2200	1	7,8	4,93	62,5	24,6
23/11/2009		5	Pozzo Agricolo				30°08'14,15"	06°51'10,7"	684		8,95						20,1	13180	7,6	7,6			20,2
23/11/2009		6	Pozzo Agricolo				30°07'45,6"	06°51'34,7"	676		6,95						25	3290	1,6	7,63			24,5

Amzrou

N° Campione	Coordinate			Profondità Nominale (m)	Profondità Freatimetro (m)	Water Test				Sonda Multiparametro						
	N (°)	WO (°)	Quota (m)			T (°C)	EC	pH	MV	T (°C)	µS/cm	SAL (%)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (%)	T (°C)
10	30°07'41,1"	06°52'32,0"	772	8		26,3	914	7,8	188	25,9	1824/1815 in continuo		7,96	3,88	50,5	25,2
	30°07'41,1"	06°52'32,0"	772							25,4	1792		8,01	4,66	60	25,2
	30°07'54,7"	06°52'15,0"	676		11,7					23,9	20300	12,2	7,82			23,8
	30°07'32,0"	06°52'24,7"	677		10,1					24,5	6920	3,8	7,49			24,1
	30°07'41,2"	06°52'32,1"	678		7,44					24,9	1760	0,7	7,65	4,81	60,6	24,4
	30°07'42,3"	06°52'31,0"	677		7,17					25,4	1750	0,7	7,46			25,2

El Hamid

10/11/2009		1	Acqua Potabile	27		14,15	30°07'32,6"	06°52'41,2"	675				26	1295	6,9	203	26,7	1518		7,11	6,94	90	24,5
15/11/2009	14.32	1	Acqua Potabile		12		30°07'32,6"	06°52'41,2"	675	17 (pelo libero) 19,50 (pompa) 21 (fondo)	14,6						25,5	1425	0,5	7,2	3,81	49,5	24,9
23/11/2009	14.22	1	Acqua Potabile		3		30°07'32,6"	06°52'41,2"	675		14,64						26,1	1400	0,5	6,93	3,66	47,1	25
23/11/2009		2	Pozzo Agricoltura				30°07'24,2"	06°52'43,2"	661		8,2						24,5	2260	1	7,55			24,3
23/11/2009		3	Pozzo Agricoltura				30°07'25,3"	06°52'48,8"	672		8,25						24,7	1906	0,8	7,39			23,7

ALLEGATO B: Effetti dell'arsenico sulla salute

L'arsenico (il cui simbolo chimico è As) è un semimetallo che risulta molto più tossico in ogni suo stato combinato rispetto allo stato elementare. Le forme chimiche che procurano intossicazione sono l'arsenico elementare e l'As-inorganico, gli arsenicali organici e l'arsina (AsH₃). È per questo che l'arsenico è comunemente usato in veleno per topi.

Arsenico finisce nell'ambiente attraverso la produzione industriale di rame, piombo e zinco, e attraverso gli insetticidi usati sui terreni agricoli. Inoltre è un ingrediente dei preservanti per il legno. Malgrado il loro effetto tossico, composti di Arsenico si possono trovare naturalmente nei terreni in piccole quantità. Gli esseri umani possono essere esposti ad arsenico attraverso cibo, acqua ed aria. L'esposizione può anche avvenire attraverso il contatto della pelle con terreno o acqua contenente arsenico. I livelli di arsenico negli alimenti sono ragionevolmente bassi, in quanto non è aggiunto a causa della sua tossicità. Ma si possono trovare livelli elevati di arsenico in pesci e frutti di mare, poiché i pesci assorbono l'arsenico dall'acqua in cui vivono. Fortunatamente questa è principalmente una forma organica ragionevolmente inoffensiva di arsenico, ma i pesci che contengono quantità significative di arsenico inorganico possono essere un pericolo per la salute umana.

L'esposizione all'arsenico può essere più alta per le persone che lavorano con l'arsenico, per le persone che bevono quantità significative di vino, per le persone che vivono in case che contengono legno conservato di qualsiasi tipo e per coloro che vivono in fattorie in cui in passato sono stati utilizzati pesticidi contenenti arsenico.

L'esposizione ad arsenico inorganico può causare vari effetti sulla salute, quali irritazione dello stomaco e degli intestini, produzione ridotta di globuli rossi e bianchi del sangue, cambiamenti della pelle e irritazione dei polmoni. Si ipotizza che l'assorbimento di quantità specifiche di arsenico inorganico possa intensificare le probabilità di sviluppo del cancro, soprattutto la probabilità di sviluppo di cancro della pelle, di cancro polmonare, di cancro al fegato e di cancro linfatico.

Un'esposizione molto alta ad arsenico inorganico può causare sterilità e false gestazioni nelle donne e può causare disturbi alla pelle, bassa resistenza alle infezioni, disturbi a cuore e danni al cervello sia negli uomini che nelle donne. Per concludere, l'arsenico inorganico può danneggiare il DNA.

Generalmente la dose di arsenico considerata letale è pari a 100 mg.

L'arsenico organico non può causare né cancro, né danni al DNA. Ma l'esposizione a quantità elevate può avere certi effetti a salute umana, quali la ferita ai nervi e dolori di stomaco.

Arsenico nell'acqua

L'arsenico può essere trovato nelle acque di superficie ma le acque sotterranee sono quelle che hanno le maggiori Concentrazioni. Nelle acque sotterranee si possono trovare Concentrazioni superiori a 10 ppb dovute a fenomeni naturali e alla composizione del sottosuolo. La presenza di arsenico nell'acqua infatti è legata prevalentemente a processi naturali di rilascio dei minerali presenti nel suolo (rocce vulcaniche e minerali ferrosi) o ad attività di tipo geotermico presenti o passate. I fenomeni di inquinamento dovuti all'attività umana sono normalmente molto limitati.

Con il recepimento della Direttiva Europea 98/83/CE, che è entrata in vigore il 25 dicembre del 2003 mediante il Decreto Legislativo 31/01, la concentrazione prevista nell'acqua destinata al consumo umano è stata ridotta da 50 a 10 microgrammi per litro, µg/l (ovvero a dieci milligrammi per metro cubo d'acqua, ovvero 0,01 mg/l). Anche L'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) consiglia questa Concentrazione massima (10 ppb, 10 µg/l). Tale abbassamento è un ulteriore riconoscimento dell'elevata pericolosità dell'arsenico i cui effetti sulla salute umana sono ben documentati. Livelli di arsenico superiori ai limiti consentiti possono causare iperpigmentazione e di alcuni tipi di cancro, come il cancro della pelle e il cancro ai polmoni. Risulta, quindi, necessario effettuare trattamenti per la rimozione dell'arsenico presente nell'acqua di pozzo qualora se ne riscontrino alte Concentrazioni.

Bibliografia Allegato B

L'Arsenico nelle acque destinate al consumo umano. Roberto Porro. Franco Angeli Editore (2004)

Siti web

<http://www.lenntech.it/periodica/elementi/as.htm#ixzz0gYwm8k9H>

<http://www.lenntech.com/hazardous-substances/arsenic.htm#ixzz0gZ5smk6C>

http://www.infoimpianti.it/temi/Generale/articoli/Il_pericolo_dellarsenico_presente_nellacqua_destin.asp

ALLEGATO C: Normative di riferimento. Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31

"Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano"

pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 52 del 3 marzo 2001 - Supplemento Ordinario n. 41

Stralcio dalla normativa

PARAMETRI E VALORI DI PARAMETRO*

PARTE A

Parametri microbiologici

Parametro	Valore di parametro (numero/100 ml)
Escherichia coli (E. coli)	0
Enterococchi	0

Per le acque messe in vendita in bottiglie o contenitori sono applicati i seguenti valori:

Parametro	Valore di parametro
Escherichia coli (E.coli)	0/250ml
Enterococchi	0/250 ml
Pseudomonas aeruginosa	0/250ml
Conteggio delle colonie a 22°C	100/ml
Conteggio delle colonie a 37°C	20/ml

PARTE B

Parametri chimici

Parametro	Valore di parametro	Uniti di misura	Note
Acrilammide	0,10	µg/l	Nota 1
Antimonio	5,0	µg/l	
Arsenico	10	µg/l	
Benzene	1,0	µg/l	
Benzo(a)pirene	0,010	µg/l	
Boro	1,0	µg/l	
Bromato	10	µg/l	Nota 2
Cadmio	5,0	µg/l	
Cromo	50	µg/l	
Rame	10	mg/l	Nota 3
Cianuro	50	µg/l	
1.2 dicloroetano	3,0	µg/l	
Epicioridrina	0,10	µg/l	Nota 1

Fluoruro	1,50	mg/l	
Piombo	10	µg/l	Note 3 e 4
Mercurio	1,0	µg/l	
Nichel	20	µg/l	Nota 3
Nitrato (come NO ₃)	50	mg/l	Nota 5
Nitrito (come NO ₂)	0,50	mg/l	Nota 5
Antiparassitari	0,10	ug/l	Nota 6 e 7
Antiparassitari-Totale	0,50	µg/l	Note 6 e 8
Idrocarburi policiclici aromatici	0,10	µg/l	Somma delle concentrazioni di composti specifici; Nota 9
Selenio	10	µg/l	
Tetracloroetilene Tricloroetilene	10	µg/l	Somma delle concentrazioni dei parametri specifici
Triometani-Totale	30	µg/l	Somma delle concentrazioni di composti specifici; Nota 10
Cloruro di vinile	0,5	µg/l	Nota 1
Clorito	200	µg/l	Nota 11
Vanadio	50	µg/l	

Indipendentemente dalla sensibilità del metodo analitico utilizzato, il risultato deve essere espresso indicando lo stesso numero di decimali riportato in tabella per il valore di parametro.

Nota 1 Il valore di parametro si riferisce alla concentrazione monometrica residua nell'acqua calcolata secondo le specifiche di rilascio massimo del polimero corrispondente a contatto con l'acqua

Nota 2 Ove possibile, ci si deve adoperare per applicare valori inferiori senza compromettere la disinfezione. Per le acque di cui all'articolo 5 comma 1, lettere a), b) e d), il valore deve essere soddisfatto al più tardi entro il 25 dicembre 2008. Il valore di parametro per il bromato nel periodo compreso tra il 25 dicembre 2003 ed il 25 dicembre 2008 è pari a 25 µg/l.

Nota 3 Il valore si riferisce ad un campione di acqua destinata al consumo umano ottenuto dal rubinetto tramite un metodo di campionamento adeguato e prelevato in modo da essere rappresentativo del valore medio dell'acqua ingerita settimanalmente dai consumatori. Le procedure di prelievo dei campioni e di controllo vanno applicate se del caso, secondo metodi standardizzati da stabilire ai sensi dell'articolo 11 comma 1 lettera b). L'Autorità sanitaria locale deve tener conto della presenza di livelli di picco che possono nuocere alla salute umana.

Nota 4 Per le acque di cui all'articolo 5, comma 1, lettere a), b) e d), questo valore deve essere soddisfatto al più tardi entro il 25 dicembre 2013. Il valore di parametro del piombo nel periodo compreso tra il 25 dicembre 2003 ed il 25 dicembre 2013 è pari a 25 µg/l.

Le regioni, le Aziende sanitarie locali ed i gestori d'acquedotto, ciascuno per quanto di competenza, devono provvedere affinché venga ridotta al massimo la concentrazione di piombo nelle acque destinate al consumo umano durante il periodo previsto per conformarsi al valore di parametro; nell'attuazione delle misure intese a garantire il raggiungimento del valore in questione deve darsi gradualmente priorità ai punti in cui la concentrazione di piombo nelle acque destinate al consumo umano è più elevata.

Nota 5 Deve essere soddisfatta la condizione: $[(\text{nitrate})/50 + (\text{nitrite})] / 3 = 1$, ove le parentesi quadre esprimono la concentrazione in mg/l per il nitrato (NO₃) e per il nitrito (NO₂), e il valore di 0,10 mg/l per i nitriti sia rispettato nelle acque provenienti da impianti di trattamento.

Nota 6 Per antiparassitari s'intende:

- insetticidi organici
- erbicidi organici
- fungicidi organici
- nematocidi organici
- acaricidi organici
- algicidi organici
- rodenticidi organici
- sostanze antimuffa organiche
- prodotti connessi (tra l'altro regolatori della crescita) e i pertinenti metaboliti, prodotti di degradazione e di reazione.

Il controllo è necessario solo per gli antiparassitari che hanno maggiore probabilità di trovarsi in un determinato approvvigionamento d'acqua.

Nota 7 Il valore di parametro si riferisce ad ogni singolo antiparassitario. Nel caso di aldrina, dieldrina, eptacloro ed eptacloro epossido, il valore parametrico è pari a 0,030 µg/l.

Nota 8 "Antiparassitari - Totale" indica la somma dei singoli antiparassitari rilevati e quantificati nella procedura di controllo.

Nota 9 I composti specifici sono i seguenti:

- benzo(b)fluorantene
- benzo(k)fluorantene
- benzo(ghi)perilene
- indeno(1,2,3-cd)pirene

Nota 10 I responsabili della disinfezione devono adoperarsi affinché il valore parametrico sia più basso possibile senza compromettere la disinfezione stessa. I composti specifici sono: cloroformio, bromoformio, dibromoclorometano, bromodichlorometano.

Nota 11 Per le acque di cui all'articolo 5, comma 1, lettere a), b) e d), questo valore deve essere soddisfatto al più tardi entro il 25 dicembre 2006. Il valore di parametro clorite, nel periodo compreso tra il 25 dicembre 2003 e il 25 dicembre 2006, è pari a 800 µg/l.

ALLEGATO D: Questionario di inchiesta in Arabo e italiano per il progetto in Marocco

		NOTE
<p>Di quanti e quali componenti è formata la famiglia?</p> <p>كم عدد الأفراد المكونة للأسرة ؟</p>	<p>bambini 0-8 anni</p>	<p>الأطفال من 0 8 سنة</p>
	<p>ragazzi 9-19 anni</p>	<p>الفتيان والفتيات من 9 19</p>
	<p>adulti 20-65 anni</p>	<p>البالغين من 20 65</p>
	<p>anziani > 65 anni</p>	<p>الشيوخ فوق 65</p>
<p>Come si procura l'acqua la vostra famiglia?</p> <p>كيف تحصل عائلتك على الماء ؟</p>	<p>pozzo</p>	<p>من البئر</p>
	<p>acquedotto</p>	<p>عبر الأنابيب</p>
	<p>corso d'acqua/bacino superficiale</p>	<p>عبر جريان مياه الواد أو الحوض</p>
	<p>cisterna</p>	<p>عبر الخزان</p>
	<p>altro</p>	<p>أو مصدر آخر</p>
<p>E' lontana la fonte di approvvigionamento?</p> <p>مصدر المياه هل هو بعيد ؟</p>	<p>SI, quanto?</p>	<p>نعم كم المسافة ؟</p>
	<p>NO</p>	<p>لا</p>
<p>Quanta acqua usate per i seguenti utilizzi?</p> <p>كم قيمة الماء المستهلك في الإستعمالات الآتية ؟</p>	<p>uso domestico الإستعمال المنزلي</p>	<p>Tanta كثيرة</p>
		<p>poca قليلة</p>
		<p>nessuna منعدمة</p>
<p>Bere للشرب</p>	<p>Bere للشرب</p>	<p>Tanta كثيرة</p>
		<p>Poca قليلة</p>
		<p>Nessuna منعدمة</p>

	abbeverare animali تزويد الحيوانات بالماء	Tanta كثيرة	
		Poca قليلة	
		Nessuna منعدمة	
	Irrigare للسقي أو الري	Tanta كثيرة	
		Poca قليلة	
		Nessuna منعدمة	
L'acqua che avete a disposizione vi basta? الماء المتوفر لديكم هل يكفيكم؟	SI	نعم	
	NO	لا	
Qual è il sapore dell'acqua che bevete? ما هو طعم أو ذوق الماء الذي تشربونه؟	nessuno	لا طعم له	
	salato	ملح	
	altro sapore	طعم آخر	
Che aspetto ha l'acqua che bevete? ما هو مظهر الماء الذي تشربونه؟	limpida	صافي	
	torbida	مختلط	
	altro aspetto	مظهر آخر	
Bollite l'acqua prima di utilizzarla? هل تقومون بتسخين الماء قبل الإستعمال؟	SI	نعم	
	NO	لا	
Filtrate l'acqua prima di utilizzarla? هل تقومون بتصفية الماء قبل الإستعمال؟	SI, come?	نعم كيف؟	
	NO	لا	
Nei periodi di pioggia riuscite a conservare l'acqua? عند تساقط الأمطار على المنطقة هل لديكم خزان يحفظ ماء المطر؟	SI, come?	نعم كيف؟	
	NO	لا	
Qualcuno della vostra famiglia ha riscontrato problemi di salute riconducibili all'acqua? هل أحد أفراد عائلتكم سبق له أن تعرض لأمراض مرتبطة بالماء؟	SI, quali?	نعم ما نوعها؟	
	NO	لا	

ALLEGATO E: Schede dei pozzi ad uso potabile. Progetto in Marocco

Elaborazione grafica: Chiara Proni.

Contenuti: Conte, Proni, Pietroni, Corapi, Cutrupi. Onep.

Schede dei pozzi ad uso potabile:

Area d'interesse	II
ES Smíra	III
Oulad Hammou	VII
Oulad Jamâa	IX
El Mahrough	XI
Laghwanem	XV
Amzrou	XVII
Waíftout	XIX
El Mahmíd	XXI

Area d'interesse

II



Riepilogo indagine Novembre 2009			
Douar	Pozzi Potabili	Pozzi Agricoli	Totale Douar
ES Smira	2	7	9
Oulad Hammou	1		1
Oulad Jamaa	1	5	5
El Mahroug	2	3	5
Laghwanem	1	5	6
Amzrou	1	3	4
Waiftout	1		1
El Mhamid	1	2	3

Riepilogo Indagine Aprile 2010								
Douar	ES Smira	Oulad Hammou	Oulad Jamaa	El Mahroug	Laghwanem	Amzrou	Waiftout	El Mhamid
Pozzi Potabili	2	1	1	2	1	1	1	1

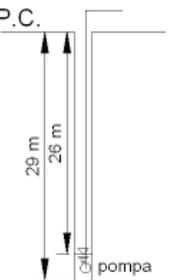
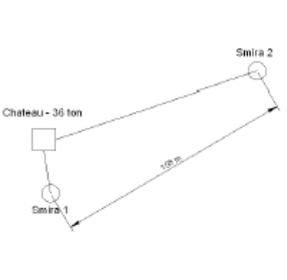
Es Smira 1

III

Localizzazione		
Coordinate	N	30°08'10,1"
	WO	06°48'21,0"
Quota s.l.m. [m]	698	




Quote*	
Quota nominale base [m]	29
Quota pelo libero [m]	26
Quota pompa [m]	-

Strumenti	Misure
Ricevitore GPS (Garmin - eMap)	Coordinate, Quota
Freatimetro (DICAM-UNIBO)	Quota pelo libero

* Le quote considerate sono quelle riferite a Novembre 2009

Es Smira 1 - Riepilogo Analisi

IV

NOVEMBRE 2009 - APRILE 2010											
Data	Ora	T _{amb} (°C)	N° Campione Laboratorio	N° Campione batteri	Sonda Multiparametro [Multi 340i - WTW]						
					T (°C)	ms/om	SAL (‰)	pH	O2 disciolto (mg/l)	O2 disciolto (‰)	T (°C)
02-11-09	13:30			1 - 2							
14-11-09	11:43		2 - 3		25,6	1367		8,07	4,57	60,07	26,2
24-11-09	10:05				27	1679	0,7	8,03	4,76		26,4
26-04-10	18:25				26,6	857	0,2	8,19			
28-04-10	10:00				26,6	861	0,2	8,2			

Analisi Batteriologiche [Environcheck Contact C - Merck]

Numero Campione	Data Prelievo	Data Check	Batteri d=[CFU/cm ²]	Muffe d=[CFU/cm ²]
1	02-11-09	18-11-09	assenti	1 colonia: d<10 ²
2	02-11-09	18-11-09	2 colonie: d<10 ³	assenti

Metalli pesanti [Laboratorio "Afayad Groupe", Marrakech]

Campione	Fe (mg/l)							
3	5	5	5	5	5	5	5	5

Parametri Caratteristici [Laboratorio "Afayad Groupe", Marrakech]

Campione	E. C. (mg/l)	Alcalinità (meq/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Durezza Totale (mg/l)	NaCl (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
1	1113	6,8	0,504	52,3	460	547	332	185

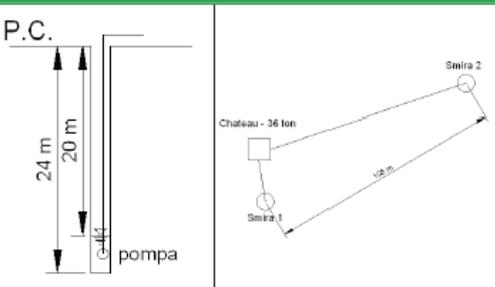
Es Smira 2

V

Localizzazione*		
Coordinate	N	30°08'09,0"
	WO	06°48'15,3"
Quota s.l.m. [m]	703	



Quote*	
quota nominale fondo [m]	24
quota pelo libero [m]	20
quota pompa [m]	-



Strumenti	Misure
Ricevitore GPS (Garmin - eMap)	Coordinate, quota
Freatimetro (DICAM-UNIBO)	Quota pelo libero

* indagine Novembre 2009

Es Smira 2 - Riepilogo Analisi

VI

NOVEMBRE 2009 - APRILE 2010											
Data	Ora	T _{amb} (°C)	N° Campione Laboratorio	N° Campione Batteri	Sonda Multiparametro [Multi 340i - WTW]						
					T (°C)	mS/cm	SAL (‰)	pH	O2 disciolto (mg/l)	O2 disciolto (‰)	T (°C)
02-11-09				3 - 4							
14-11-09			1		25,2	1157		7,66	4,11	54,5	26,2
24-11-09	10:20				26	1165	0,4	7,82	3,68		24,3
26-04-10	17:50				27,6	812	0,2	7,81			
28-04-10	10:00				26,6	861	0,2	8,2			

Analisi Batteriologiche [Environcheck Contact C - Merck]				
Numero Campione	Data Prelievo	Data Check	Batteri d=[CFU/cm ²]	Muffe d=[CFU/cm ²]
3	02-11-09	12-11-09	colonie di e. coli poco definite e colonie altri coliformi ben definite: $10^4 < d < 10^5$	colonie piccole e non ben definite: $d > 10^4$
4	02-11-09	12-11-09	circa 20 colonie e. coli; circa 7 colonie coliformi: $d > 10^4$	circa 25 colonie piccole e poco visibili: $d = 10^4$

Parametri Caratteristici [Laboratorio "Afayad Groupe", Marrakech]									
Campione	F. C. (mg/l)	Alcalinità (meq/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	Durezza Totale (mg/l)	NaCl (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	
1	1113	6,8	0,504	52,3	460	547	332	185	

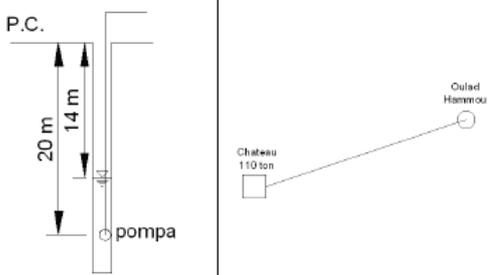
Oulad Hammou

VII

Localizzazione*		
Coordinate	N	30°08'07,3"
	WO	6°49'43,7"
Quota s.l.m. [m]	692	



Quote*	
Quota nominale fondo [m]	-
Quota pelo libero [m]	14
Quota pompa [m]	20



Strumenti	Misure
Ricevitore GPS (Garmin - eMap)	Coordinate, Quota
Freatimetro (DICAM-UNIBO)	Quota pelo libero

* indagine Novembre 2009

Oulad Hammou - Riepilogo Analisi

VIII

NOVEMBRE 2009 - APRILE 2010											
Data	Ora	T _{amb} (°C)	N° Campione laboratorio	N° Campione batteri	Sonda Multiparametro [Multi 340i - WTW]						
					T (°C)	mS/cm	SAL (‰)	pH	O2 disciolto (mg/l)	O2 disciolto (‰)	T (°C)
02-11-09	16:14	22,6		5							
02-11-09	16:27	22,6		6	25,2	1157		7,66	4,11	54,5	26,2
14-11-09	13:25		4		23,5	2530		7,21	3,92	49,7	23
17-11-09	10:33				23,5	2530		7,21	3,92	49,7	23,5
25-11-09	10:20	25,6	9		25,6	2260	1,4	7,62	2,69	33,5	25,6
27-04-10	8:50	30			23,2	1522	0,6	7,65			

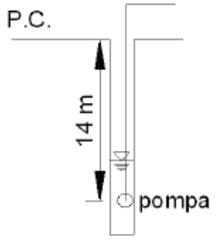
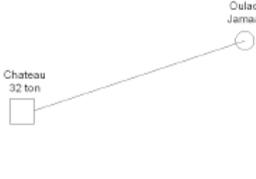
Analisi Batteriologiche [Environcheck Contact C - Merck]				
Numero Campione	Data Prelievo	Data Check	Batteri d=[CFU/cm ²]	Muffe d=[CFU/cm ²]
3	02-11-09	18-11-09	colonie miste di e. coli e altri coliformi: circa d=10 ⁸	7/2 colonie ben definite: circa d=10 ⁸
4	02-11-09	18-11-09	1 colonia di coliformi: d<10 ⁸	assenti

Parametri Caratteristici [Laboratorio "Afayad Groupe", Marrakech]									
Campione	E. C. (mg/l)	Alcalinità (meq/l)	NH4 ⁺ (mg/l)	SO4 ⁻ (mg/l)	Durezza Totale (mg/l)	NaCl (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	
4	2610	41,1	0,59	115	432	1371	232	302	

Oulad Jamaa

IX

Localizzazione*			Dettaglio	
Coordinate	N	30°08'07,3"		
	WO	6°50'27,7"		
Quota s.l.m. [m]		688		

Quote*		Diagramma	
Quota nominale fondo [m]	-		
Quota pelo libero [m]	-		
Quota pompa [m]	14		

Strumenti	Misure
Ricevitore GPS (Garmin - eMap)	Coordinate, quota
Freatimetro (DICAM-UNIBO)	Quota pelo libero

* indagine Novembre 2009

Oulad Jamâa - Riepilogo Analisi

X

NOVEMBRE 2009 - APRILE 2010											
Data	Ora	T _{amb} (°C)	N° Campione Laboratorio	N° Campione batteri	Sonda Multiparametro [Multi 340i - WTW]						
					T (°C)	mS/cm	SAL (‰)	pH	O2 disciolto (mg/l)	O2 disciolto (‰)	T (°C)
08-11-09	13:23	24,5	5	7							
14-11-09	14:15				24,9	2510		7,65	4,38	57	24,9
25-11-09	13:00				23,5	2530		7,81	3,92	49,7	23
27-04-10	9:40	31			26,9	3450	1,7	7,61			

Analisi Batteriologiche [Environcheck Contact C - Merck]				
Numero Campione	Data Prelievo	Data Check	Batteri d=[CFU/cm ²]	Muffe d=[CFU/cm ²]
7	08-11-09	18-11-09	2 colonie di coliformi ben definite: d<10*	8 colonie di cui 3 ben definite e 5 piccole e poco definite: circa d=10*

Parametri Caratteristici [Laboratorio "Afayad Groipe", Marrakech]								
Campione	E. c. (mg/l)	Alcalinità (meq/l)	NH4+ (mg/l)	SO4- (mg/l)	Durezza Totale (mg/l)	NaCl (mg/l)	Cl- (mg/l)	Na+ (mg/l)
5	2540	16,3	0,43	132	702	1235	750	434

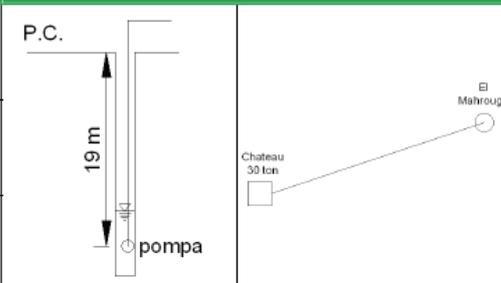
El Mahrough - approvvigionamento pompa

XI

Localizzazione*		
Coordinate	N	30°08'00,5"
	WO	06°50'55,3"
Quota s.l.m. [m]	678	



Quote*	
Quota nominale fondo [m]	-
Quota pelo libero [m]	-
Quota pompa [m]	19



Strumenti	Misure
Ricevitore GPS (Garmin - eMap)	Coordinate, Quota
Freatimetro (DICAM-UNIBO)	Quota pelo libero

* indagine Novembre 2009

El Mahrough - Riepilogo Analisi

XII

NOVEMBRE 2009 - APRILE 2010											
Data	Ora	T _{amb} (°C)	N° Campione Laboratorio	N° Campione batteri	Sonda Multiparametro [Multi 340i - WTW]						
					T (°C)	mS/cm	SAL (‰)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (‰)	T (°C)
09-11-09		27		8	25,5	1683	7,5	190		2970	1,4
14-11-09	16:40		6		23,5	2960	1,4	7,87	4,91	61,7	23,6
23-11-09	15:00				24,8	2100	0,9	7,79	4,6	61,2	24,8
27-04-10	10:20	31			23,2	994	0,3	8,45			

Analisi Batteriologiche [Environcheck Contact C - Merck]				
Numero Campione	Data Prelievo	Data Check	Batteri d=[CFU/cm ²]	Muffe d=[CFU/cm ²]
8	09-11-09	19-11-09	1 colonia di coliformi: d<10*	assenti (punto verde ignoto)

Parametri Caratteristici [Laboratorio "Afayad Groupe", Marrakech]								
Campione	E. C. (mg/l)	Alcalinità (meq/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	Durezza Totale (mg/l)	NaCl (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
6	2900	45,9	0,44	176	632	1418	860	522

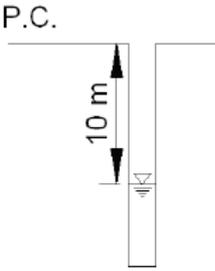
El Mahrough - approvvigionamento manuale

XIII

Localizzazione*		
Coordinate	N	30°08'00,5"
	WO	06°50'56,0"
Quota s.l.m. [m]	679	



Quote*	
Quota nominale fondo [m]	-
Quota pelo libero [m]	10
Quota pompa [m]	-



Strumenti	Misure
Ricevitore GPS (Garmin - eMap)	Coordinate, quota
Freatimetro (DICAM-UNIBO)	Quota del pelo libero

* indagine Novembre 2009

El Mahrough - Riepilogo Analisi

XIV

NOVEMBRE 2009 - APRILE 2010											
Data	Ora	T _{amb} (°C)	N° Campione Laboratorio	N° Campione batteri	Sonda Multiparametro [Multi 340i - WTW]						
					T (°C)	mS/cm	SAL (‰)	pH	O2 disciolto (mg/l)	O2 disciolto (‰)	T (°C)
09-11-09		29		9		2970	1,4	7,56	4,74	63,9	27
14-11-09	17:01				21,1	841	0,2	8,37	5,05		21,1
15-11-10	15:21		7		21,9	841	0,2	8,15	5,14	64,3	21,8
23-11-09	15:05				21,6	949	0,2	8,23	5,3		20,7
27-04-10	10:27	31			23,2	994	0,3	8,45			

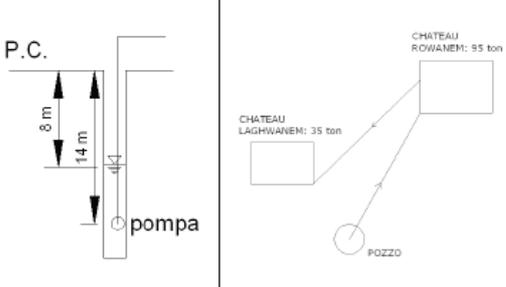
Analisi Batteriologiche [Environcheck Contact C - Merck]				
Numero Campione	Data Prelievo	Data Check	Batteri d=[CFU/cm ²]	Muffe d=[CFU/cm ²]
9	09-11-09	19-11-09	3 colonie coliformi: d<10 ²	1 colonia: d<10 ²

Parametri Caratteristici [Laboratorio "Afayad Groupe", Marrakech]								
Campione	E. C. (mg/l)	Alcalinità (meq/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Durezza Totale (mg/l)	NaCl (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
7	240	5,4	0,08	50,7	276	280	170	96

Localizzazione*		
Coordinate	N	30°07'49,6"
	WO	06°51'23,0"
Quota s.l.m. [m]	674	




Quote*	
Quota nominale fondo [m]	-
Quota pelo libero [m]	8
Quota pompa [m]	14



Strumenti	Misure
Ricevitore GPS (Garmin - eMap)	Coordinate, Quota
Freatimetro (DICAM-UNIBO)	Quota pelo libero

* indagine Novembre 2009

Laghwanem - Riepilogo Analisi

NOVEMBRE 2009 - APRILE 2010											
Data	Ora	T _{amb} (°C)	N° Campione laboratorio	N° Campione batteri	Sonda Multiparametro [Multi 340i - WTW]						
					T (°C)	mS/cm	SAL (%)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (%)	T (°C)
09-11-09		29		11	25,2	792		7,92	3,53	43,2	23,2
15-11-09	11:07		8		26,2	807	0,2	7,83	4,17	54,4	26,2
23-11-09					25,4	832	0,2	8,08			25,1
27-04-10	10:27	31			25,7	601	0	8,18			

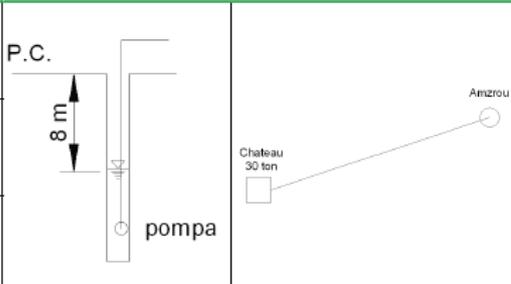
Analisi Batteriologiche [Environcheck Contact C - Merck]				
Numero Campione	Data Prelievo	Data Check	Batteri d = [CFU/cm ²]	Muffe d = [CFU/cm ²]
11	09-11-09	19-11-09	2 colonie molto piccole coliformi: d < 10 ⁶	1 colonia: d < 10 ²

Parametri Caratteristici [Laboratorio "Afayad Groupe", Marrakech]								
Campione	E. C. (mg/l)	Alcalinità (meq/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	Durezza Totale (mg/l)	NaCl (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
8	823	5,2	0,013	72,4	216	264	160	89

Localizzazione*		
Coordinate	N	30°07'41,1"
	WO	06°52'32,0"
Quota s.l.m. [m]	772	




Quote*	
Quota nominale fondo [m]	-
Quota pelo libero [m]	8
Quota pompa [m]	-



Strumenti	Misure
Ricevitore GPS (Garmin - eMap)	Coordinate, Quota
Freatimetro (DICAM-UNIBO)	Quota pelo libero

* indagine Novembre 2009

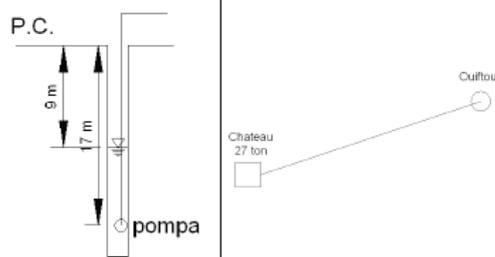
Amzrou - Riepilogo Analisi

NOVEMBRE 2009 - APRILE 2010											
Data	Ora	T _{amb} (°C)	N° Campione laboratorio	N° Campione batteri	Sonda Multiparametro [Multi 340i - WTW]						
					T (°C)	mS/cm	SAL (‰)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (‰)	T (°C)
09-11-09		30		10	25,9	1824/1815 in continuo		7,96	3,88	50,5	25,2
15-11-09	12:30		9		25,4	1792		8,01	4,66	60	25,2
23-11-09	12:43				24,9	1760	0,7	7,65	4,81	60,6	24,4
27-04-10	11:50	35,1			25,4	1750	0,7	7,46			25,2

Analisi Batteriologiche [Environcheck Contact C - Merck]				
Numero Campione	Data Prelievo	Data Check	Batteri d=[CFU/cm ²]	Muffe d=[CFU/cm ²]
10	09-11-09	19-11-09	20/21 colonie e. coli, 1 colonia di coliformi: 10 ⁴ < d < 10 ⁵	assenti

Parametri Caratteristici [Laboratorio "Afayad Groupe", Marrakech]								
Campione	E. C. (mg/l)	Alcalinità (meq/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	Durezza Totale (mg/l)	NaCl (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
9	1785	15,6	0,43	253	840	552	335	214

Localizzazione*			Dettaglio	
Coordinate	N	30°06'46,1"		
	WO	06°52'42,0"		
Quota s.l.m. [m]		667		

Quote*			
Quota nominale fondo [m]	-		
Quota pelo libero [m]	9		
Quota pompa [m]	17		

Strumenti	Misure
Ricevitore GPS (Garmin - eMap)	Coordinate, Quota
Freatimetro (DICAM-UNIBO)	Quota pelo libero

* indagine Novembre 2009

Ouiftout - Riepilogo Analisi

XX

NOVEMBRE 2009 - APRILE 2010											
Data	Ora	T _{amb} (°C)	N° Campione Laboratorio	N° Campione batteri	Sonda Multiparametro [Multi 340i - WTW]						
					T (°C)	mS/cm	SAL (‰)	pH	O ₂ disciolto (mg/l)	O ₂ disciolto (‰)	T (°C)
10-11-09				12 - 13	25,5	2490	1,2	7,15	0,2		25,5
15-11-09	13:36		10 - 11		26,4	2490	1,2	7,32	3,52	47,5	26,4
24-11-09	17:33				2470	1,1	7,27	3,59	47	25,6	
27-04-10	13:00				22	3120	1,5	7,37			

Analisi Batteriologiche [Environcheck Contact C - Merck]				
Numero Campione	Data Prelievo	Data Check	Batteri d=[CFU/cm ²]	Muffe d=[CFU/cm ²]
12	10-11-09	20-11-09	4 colonie e. coli; 2 colonie ben definite + 1 colonia estesa di coliformi: d<10 ³	circa 49/50 colonie ben distinguibili: circa d=10 ⁴
13	10-11-09	20-11-09	1 colonia coliformi: d<10 ³	1 colonia non ben distinguibile: d<10 ²

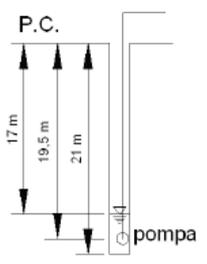
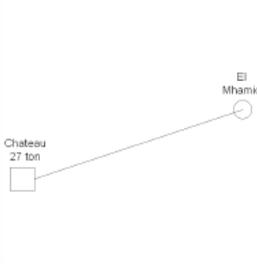
Metalli pesanti [Laboratorio "Afayad Groupe", Marrakech]								
Campione	Fe (mg/l)							
11	0,42	< 0,001	< 0,1	nd	nd	0,13	< 0,05	< 0,01

Parametri Caratteristici [Laboratorio "Afayad Groupe", Marrakech]								
Campione	E. C. (mg/l)	Alcalinità (meq/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Durezza Totale (mg/l)	NaCl (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
10	2470	20,2	0,06	330	1152	242	511	225

El Mhamid

XXI

Localizzazione*			Dettaglio	
Coordinate	N	30°07'32,6"		
	WO	06°52'41,2"		
quota s.l.m. [m]	675			

Quote*			
quota nominale fondo [m]	21		
quota pelo libero [m]	19,5		
quota pompa [m]	17		

Strumenti	Misure
Ricevitore GPS (Garmin - eMap)	Coordinate, quota
Freatimetro (DICAM-UNIBO)	quota pelo libero

* indagine Novembre 2009

El Mhamid - Riepilogo Analisi

XXII

NOVEMBRE 2009 - APRILE 2010											
Data	Ora	T _{amb} (°C)	N° Campione laboratorio	N° Campione batteri	Sonda Multiparametro [Multi 340i - WTW]						
					T (°C)	mS/cm	SAL (‰)	pH	O2 disciolto (mg/l)	O2 disciolto (‰)	T (°C)
10-11-09		27		14 - 15	26,7	1518		7,11	6,94	90	24,5
15-11-09	14:32		12		25,5	1425	0,5	7,2	3,81	49,5	24,9
23-11-09	14:22				26,1	1400	0,5	6,93	3,66	47,1	25
27-04-10	12:20	35,9			27,5	1475	0,6	7,25			

Analisi Batteriologiche [Environcheck Contact C - Merck]				
Numero Campione	Data Prelievo	Data Check	Batteri d=[CFU/cm ²]	Muffe d=[CFU/cm ²]
14	10-11-09	20-11-09	1 colonia coliformi: d<10 ⁴	1 colonia non ben distinguibile: d<10 ²
15	10-11-09	20-11-09	assenti	assenti

Parametri Caratteristici [Laboratorio "Afayad Groupe", Marrakech]								
Campione	E. C. (mg/l)	Alcalinità (meq/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Durezza Totale (mg/l)	NaCl (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
12	1488	10,3	0,002	202	700	514	312	192

BIBLIOGRAFIA

Parte introduttiva

*Rifkin J., La Terza Rivoluzione industriale.

*D.Lgs 152. del 2006

* Dichiarazione di Stoccolma OUN

* Melià P., "L'evoluzione degli indicatori di benessere:dall'economia a gli indici di sostenibilità." Il progetto sostenibile. L'impronta ambientale ambientale del costruito. EdicomEdizioni, Dicembre 2010

*Caputo P., "Metodi di valutazione e indicatori dell'impronta ambientale a scala urbana" Il progetto sostenibile. L'impronta ambientale ambientale del costruito. EdicomEdizioni, Dicembre 2010

Disomogena distribuzione delle risorse

* Conte, A. (2006) " L'Acqua, una risorsa primaria al centro del dibattito mondiale. Studio di un progetto di approvvigionamento idrico nel Semi-Arido brasiliano. Analisi di qualità delle acque.", Bologna, Tesi di Laurea – Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

* Shiklomanov, World Water Resources at the beginning of the 21st century, UNESCO
INEA, (2007) Atlante Nazionale delle aree a rischio di desertificazione

*Vandana Shiva. Le guerre dell'Acqua

*Conte, Il capovolgimento della tesi di Lomborg.

Tecnologie Appropriate:

*Schumacher, E.F. (1977), Atti Conferenza, Svizzera

*Schumacher, E.F. (1973), Small is Beautiful, London, England, Blond & Briggs ed.

*Conte "Le Tecnologie Appropriate come strumento per la cooperazione internazionale ", All'interno del workshop promosso dall'università di Bologna e Hera, sulle Tecnologie appropriate, atti Ravenna 2009, Labelab (Ravenna)

*Bonoli, A. (2010) Il ruolo delle tecnologie appropriate nella gestione dei servizi idrici, Accadueo, Ferrara

*Conte, A. (2006) " L'Acqua, una risorsa primaria al centro del dibattito mondiale. Studio di un progetto di approvvigionamento idrico nel Semi-Arido brasiliano. Analisi di qualità delle acque.", Bologna, Tesi di Laurea – Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

*Murphy, H.M. McBean, E. A. Farahbakhsh, K. (2009) Appropriate technology - A comprehensive approach for water and sanitation in the developing world, Guelph, Canada, Elsevier journal

*Hazeltine, B. and Bull, C. (1999). Appropriate Technology: Tools, Choices and Implications, San Diego, Academic Press.

*Hazeltine, B. and Bull, C. (2003). Field Guide to Appropriate Technology San Diego, Academic Press.

Distillazione solare e realizzazione del prototipo di TTS

*Conte, Proni, Bonoli, Culligan, TUBULAR SOLAR SILL WITH PARABOLIC CONCENTRATOR. Solar distillation for the water treatment in emergency conditions. A new tubular solar still (TSS) combined with a solar concentrator. (Ecomondo 2011)

*[1] Practical Action "Solar distillation" PDF.

- *[2] K. Murase, H. Tobataa, M. Ishikawaa, S. Toyama, Experimental and numerical analysis of a tube-type networked solar still for desert technology, *Desalination* 190 (2006) 137–146.
- *[3] H.E.S. Fath, Solar desalination: a promising alternative for water provision with free energy, simple technology and a clean environment, *Desalination* 116 (1998) 45–56.
- *[4] S. Toyama, M. Nakamura, K. Murase, H.M. Salah, Studies of desalting solar stills, *Memories of the Faculty of Engineering, Nagoya University, Japan* 43 (1990) 1–53.
- *[5] G.N. Tiwari, M.A. Noor, Characterization of solar stills, *Int. J. Solar Energy* 18 (1996) 147–171.
- *[6] S.Kumar, G.N. Tiwari, Optimization of collector and basin areas for a higher yield or active solar stills, *Desalination* 116 (1998) 19.
- * [7] K. Murase, S. Komiyama, A. Ikeya, Y. Furukawa, Development of multi-effect membrane solar distillatory, *Society of Sea Water Science* 54 (2000) 30–35.
- * [8] E. Korngold, E. Korin, I. Ladizhensky, Water desalination by pervaporation with hollow fiber membranes, *Desalination* 107 (1996) 1221–1229.
- *[9] M. Abu-Arabi, Y. Zurigat, H. Al-Hinai, S. Al-Hiddabi, Modeling and performance analysis of a solar desalination unit with double-glass cover cooling, *Desalination* 143 (2002) 173–182.
- *[10] B.A.K. Abu-Hijleh, Enhanced solar still performance using water film cooling of the glass, *Desalination* 107 (1996) 235–244.
- *[11] H. Tanaka, T. Nosoko, T. Nagata, A highly productive basin-type-multi-effect coupled solar still, *Desalination* 130 (2000) 279–293.
- *[12] M.T. Chaibi, Analysis by simulation of a solar still integrated in a greenhouse roof, *Desalination* 128 (2000) 123–138.
- *[13] A.S. Nafey, M. Abdelkader, A. Abdelmotalip, A.A. Mabrouk, Parameters affecting solar still productivity, *Energy Con. & Mang.* 41 (2000) 1797–1809.
- *[14] Z. Hongfei, Z. Xiaoyan, Z. Jing, W. Yuyuan, A group of improved heat and mass transfer correlations in solar stills, *Energy Con. & Mang.* 43 (2002) 2469–2478.
- *[15] I.D. Paul, New model of a basin-type solar still, *J. Solar Energy Eng., ASME* 124 (2002) 311–314.
- *[16] A.A. Al-Karaghoul, W.E. Alnaser, Performances of single and double basin solar stills, water surface temperature (°C) hourly condensation flux (kg/m²/h) hourly evaporation flux (kg/m²/h) stills, *Applied Energy* 78 (2004) 347–354.
- *[17] G.N. Tiwari, A.K. Tiwari, *Solar Distillation Practice For Water Desalination Systems*, Anshan Limited, England, 2008.
- *[18] B.W. Tleimat, E.D. Howe, Nocturnal production of solar distillers, *Solar Energy* 10 (1966) 61–66.
- *[19] G.N. Tiwari, A. Kumar, Nocturnal water production by tubular stills using waste heat to preheat brine, *Desalination* 69 (1988) 309–318
- *[20] A. Kumar, J.D. Anand, Modelling and performance of a tubular multi-wick solar still, *Solar Energy* 17 (1992) 1067–1071
- *[21] Amimul Ahsan, Kh. M. Shafiul Islam, Teruyuki Fukuhara, Abdul Halim Ghazali, Experimental study on evaporation, condensation and production of a new Tubular Solar Still. *Desalination* 260 (2010) 172–179
- *[22] Kh. Md, Shafiul ISLAM and Teruyuki FUKUHARA, production analysis of a tubular solar still, *doboku gakkai ronbunshuu B vol.63 No2*, 108–119, (2007)
- *[23] Amimul Ahsan, Teruyuki Fukuhara, Mass and heat transfer model of Tubular Solar Still (2010)
- * Rosa-Clot M. e Bobbio V., L'ACQUA DAL SOLE Tecnologie per la produzione d'acqua sfruttando l'energia solare.
- *Kumar, S. Tiwari, G.N. (1996), Estimation of convective mass transfer in solar distillation systems, New Delhi, India, Elsevier Science Publications

*Performance analysis of solar stills based on various factors affecting the productivity A review V. Velmurugana, K.Srithar

Progetto Marocco, Sistema oasi, Kheffara e Qanat

- * Conte Appropriate technology as a tool for international cooperation. Case Study: Project water supply for isolated communities located in a desert area of southern Morocco. (Paper for H2O ACCADUEO International Exhibition, Fiera di Ferrara)
- *Conte, A. Proni, C. (2010) " Report sulla qualità delle acque nella zona di Foug Zguid", Bologna, DICAM - Alma Mater Studiorum – Università di Bologna
- *Castellarin, Conte, Frascari. Analisi delle tecniche tradizionali di approvvigionamento idrico usate nei paesi aridi e confronto con metodi basati sul sollevamento meccanico.
- *Proni, Conte, Bonoli. Valutazione e riabilitazione di una Kheffara, antico sistema di approvvigionamento idrico nell'area delle Oasi di Foug Zguid, sud del Marocco (Ecomondo 2011)
- *Proni, C., Conte A. , Bonoli A., Masotti (2010) " Analisi quali-quantitativa di acque ad uso potabile ed agricolo in clima arido e tecnologie appropriate di approvvigionamento: il caso studio dell'oasi di Es Smira, Marocco", Ferrara, Tesi di Laurea – Università degli Studi di Ferrara
- *Laureano,P. (2001) Atlante d'acqua: conoscenze tradizionali per la lotta alla desertificazione, ed. Bollati Borghieri
- *Sankaran Nair, V. (2004),Etymological Conduit to the Land of Qanat
- *Carollo, C. (2009) Buone pratiche sulla gestione dell' acqua e gestione sostenibile della risorsa idrica attraverso l' uso di carte piezometriche della falda freatica: il caso dell'oasi di Oum Laaleg, Marocco, Tata, Marocco, C.I.S.S./ALCESDAM
- * Corapi, C. (2010) " La valorizzazione dei prodotti locali e le tecnologie appropriate come strumenti di sviluppo economico: caso studio nel sud del Marocco", Bologna, Tesi di Laurea – Alma Mater Studiorum – Università di Bologna
- *Bonoli, Conte, Cutrupi, Metodi di approvvigionamento idrico nelle aree desertiche, Analisi dell'area a Nord Di Foug Zguid (DICAM, Bologna, 2011)
- *Bonoli, Conte, Masotti, Proni, Verlicchi , analisi quali-quantitativa di acque ad uso potabile ed agricolo in clima arido e tecnologie appropriate di approvvigionamento: il caso studio dell'oasi di essmira, marocco (DICAM, Bologna 2010)
- *Bonoli, Pitilino, Conte, Corapi. la valorizzazione dei prodotti locali e le tecnologie appropriate come strumenti per lo sviluppo economico: caso studio nel sud del marocco (DICAM Bologna, 2010)
- *Bonoli, Becchetti, conte, pietroni. tecnologie appropriate e fair trade: strumenti socialmente responsabili ed economicamente sostenibili per i paesi in via di sviluppo (DICAM Bologna, 2010)
- *Corapi, C. (2010) " La valorizzazione dei prodotti locali e le tecnologie appropriate come strumenti di sviluppo economico: caso studio nel sud del Marocco", Bologna, Tesi di Laurea – Alma Mater Studiorum – Università di Bologna
- *Pietroni, F. (2010) " Fair trade e tecnologie appropriate: strumenti socialmente responsabili ed economicamente sostenibili per i paesi in via di sviluppo", Bologna, Tesi di Laurea – Alma Mater Studiorum – Università di Bologna
- *Ven Te Chow, Maidment, D.R. Mays,L.W. (1988) Applied Hydrology, McGraw-Hill Editions
- *Massarutto,A. (2008)L'acqua, ed. Il Mulino
- *Laureano,P. (2001) Atlante d'acqua: conoscenze tradizionali per la lotta alla desertificazione, ed. Bollati Borghieri
- *Vesilind,A.A. Peirce,J.J. Weiner,R. F. (1994) Ingegneria ambientale, ed. Clueb
- *Collivignarelli,C. Sorlini,s. Potabilizzazione delle Acque, Dario Flaccovio Editore
- *ONEP,(2008) Strategie de l'ONEP en matière de controle de la qualité des eaux, Rabat
- *Freetech, Etude d'alimentation en eau potables des centres de M'hamid et adis relevant de la

province de Tata - Mission 1, Royaume du Maroc - Office National de l'Eau Potable

*ONEP (2004), Etude de dagagement des ressources en eau et implantation des captages d'eau relative au centre de Foum Zguid, Royaume du Maroc - Office National de l'Eau Potable

*Lightfoot. D.R., Moroccan Khettara, available on www.waterhistory.com

*Jouve, P. Loussert, R. Mouradi, H. (2005) La lutte contre la dégradation des palmeraies dans les oasis de la région de Tata (Maroc), ALCESDAM

*Carollo, C. (2009) Buone pratiche sulla gestione dell' acqua e gestione sostenibile della risorsa idrica attraverso l' uso di carte piezometriche della falda freatica: il caso dell'oasi di Oum Laaleg, Marocco, Tata, Marocco, C.I.S.S./ALCESDAM.

*Afkhami, A., 1997, "Disease and Water Supply: The Case of Cholera in 19th Century Iran,"

*Bahadori, M. N., 1978, "Passive Cooling Systems in Iranian Architecture," Scientific American, February,.

*Beekman, C. S., P. S. Weigand, and J. J. Pint, 1999, "Old World Irrigation Technology in a New World Context.

*Qanats in Spanish Colonial Western Mexico," Antiquity 73(279).

*English, P., 1997, "Qanats and Lifeworlds in Iranian Plateau Villages," Proceedings of the Conference: Transformation of Middle Eastern Natural Environment: Legacies and Lessons, Yale University, October.

*Lightfoot, D., 2003, "Traditional Wells as Phreatic Barometers: A View from Qanats and Tube Wells in Developing Arid Lands," Proceedings of the UCOWR Conference: Water Security in the 21st Century, Washington, DC, July.

*Pazwash, N. 1983. "Iran's Mode of Modernization: Greening the Desert, Deserting the Greenery," Civil Engineering, March. pp.

*United Nations Environmental Programme, 1983. Rain and Water Harvesting in Rural Area. Tycooly International Publishing Limited, Dublin.

*Wessels, K (2000), Renovating Qanats in a changing world, a case study in Syria, paper presented to the International Syposuim on Qanats, May 2000, Yazd, Iran.

*Sankaran Nair, V. (2004), Etymological Conduit to the Land of Qanat

*P.Beaumont B.A, Ph.D, Qanat systems in Iran,

Buone Pratiche, Green infrastructure, coperture a Verde pensile.

*UNI 11235-2007, *Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde*

*Conte A., Fadaee S., Hakimdavar R., Metcalfe M., *ENVISIONING COMMUNITY DRIVEN WATER MANAGEMENT FOR PUERTO PLATA, Urban Terradam. Urban Ecology Studio, Columbia University*

*Culligan P. "Quantifying the fundamental Behavior of green roofs in urban environment" *Georgiatech Presentation 2011.*

*Gaffin S. , *Greening the Urban Roofscape, the Earth Institute, Columbia University*

*The Sustainable Stormwater Management Plan Progress Report is published pursuant to Local Law 5 of 2008.

*Siragusa L., "Sistemi d'inverdimento verticale per l'architettura Urbana" *IUAV Università di Venezia*

*Fiori M., *Il verde Pensile, Politecnico di Milano*

*Beraldi R., Rapparini F., Chieco C., Rotondi A. , "Mitigazione dell'inquinamento urbano con le Piante". *Istituto di Biometereologia (IBIMET) CNR-Bologna*

*Lanza L., Palla A., *Coperture a Verde pensile: prestazioni idrologiche, -DICAT- Università degli studi di Genova.*

*Kristin L. Getter , D.BradleyRowe,BertM.Cregg,Solar radiation intensity influences extensive green roof plant communities

*Gilles Clément, *Manifesto del terzo paesaggio*, ed. Quodlibet

*Gilles Clément, *Il giardino planetario*, ed. 22publishing

*Careri, *Walkscapes*, Einaudi.

SITOGRAFIA

<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/>

<http://www.unwater.org/documents.html>

<http://www.fao.org/nr/water/>

<http://www.unep.org/themes/Freshwater/Regions/index.asp?case=roa>

<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleitalian.html>

<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/>

http://www.arpa.veneto.it/acqua/docs/interne/potabili/valori_limite.pdf

http://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/598_2010_232_7500.pdf

http://www1.inea.it/otris/salinita/caliandro_txt.htm

<http://www.entropie.com/en/services/desalination/>

<http://www.finisterrae-onlus.org/Documenti%20tradotti/Documenti/Desalinizzazione.pdf>

<http://www.practicalaction.com/>

<http://hdr.undp.org/en/data/map/>

<http://www.waterhistory.com>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Qanat>

http://www.ecomusei.net/attachments/article/110/conv_Tuscania.pdf

www.waterhistory.org

<http://cica.provincia.venezia.it/itcica/interventi/elfaiz.htm>

SURBAN, the database on sustainable urban development in Europe

<http://www.eaue.de/winuwd/list.htm>

Banca dati EU

http://ec.europa.eu/regional_policy/projects/stories/index_en.cfm

progetti per l'ambiente, la conservazione delle risorse naturali e della biodiversità

<http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm>

<http://www.aivep.org> (Associazione Verde Pensile)

<http://www.efb-greenroof.eu>

<http://igra-world.com>

<http://www.greenroofs.com>

<http://www.greenroofs.org>

<http://www.sustainablesites.org/>

http://www.lowimpactdevelopment.org/pubs/LID_litreview.pdf

<http://www.lowimpactdevelopment.org/publications.htm>

<http://www.proitaca.com/>

<http://www.ccsr.columbia.edu/>

[http://www.minambiente.it/home_it/menu.html?](http://www.minambiente.it/home_it/menu.html?mp=/menu/menu_attivita/&m=Valutazione Ambientale Strategica VAS .html&lang=it)

[mp=/menu/menu_attivita/&m=Valutazione Ambientale Strategica VAS .html&lang=it](http://www.minambiente.it/home_it/menu.html?mp=/menu/menu_attivita/&m=Valutazione Ambientale Strategica VAS .html&lang=it)

[http://www.minambiente.it/home_it/menu.html?
mp=/menu/menu_attivita&m=Valutazione di Impatto Ambientale VIA .html&lang=it](http://www.minambiente.it/home_it/menu.html?mp=/menu/menu_attivita&m=Valutazione di Impatto Ambientale VIA .html&lang=it)
<http://livingroofs.org/>
<http://www.greenroofplants.com/projects/featured-projects/>
http://www.igra-world.com/green_roofs_worldwide/green_roof_database.php
http://www.moma.org/explore/inside_out/rising-currents/
[http://gis.nyc.gov/doitt/nycitymap/template?
z=2&p=991201,192667&a=GREEN_INFRA&c=GISBasic&f=GREEN_ROOF](http://gis.nyc.gov/doitt/nycitymap/template?z=2&p=991201,192667&a=GREEN_INFRA&c=GISBasic&f=GREEN_ROOF)
<http://www.xerdlora.com/system.asp>
<http://www.urbandesignlab.columbia.edu/?id=projects>
<http://www.urbanheatlands.com/>
<http://www.giss.nasa.gov/>
<http://www.nyc.gov/html/planyc2030/html/home/home.shtml>

Ringraziamenti e Riconoscimenti.

Si ringrazia la Prof.ssa Alessandra Bonoli per avermi concesso la possibilità di ricercare su temi così interessanti e avermi sempre dato fiducia e supporto sin da quando, diversi anni fa, ero solo un laureando con molto interesse e convinzione per la gestione sostenibile delle risorse. Si ringraziano anche tutti i professori del dipartimento DICAM e della Scuola di Dottorato in Ingegneria Civile e architettura e del Dottorato in Geoingegneria Georisorse e ingegneria Geotecnica. Si ringrazia la Prof. Patricia Culligan che ha seguito il mio lavoro di ricerca alla Columbia University di New York. Si ringraziano i ricercatori, i professori e gli studenti con cui ho collaborato per i progetti in questi ultimi tre anni, ho svolto attività di correlatore, ho interpellato per pareri o semplicemente ho scambiato delle valutazioni nell'ambito di questa ricerca di dottorato. In ordine sparso. Prof. Upmanu Lall, Prof. Richard Planz, Prof.ssa Tondelli, Ing. Tayler Carson, Arch. Michela Metcalfe, Fadaee S. ,Hakimdavar R., Ing. Paride Piccinini, Arch. Andrea Caputo, Arch Giovanni Fruttaldo, Bread Tea, Dajiang Yang, Huiming Yin, Vijay Modi, Stuart Gaffin.

Si ringraziano tutti gli studenti che hanno collaborato con le loro tesi al nucleo di ricerca sulle Tecnologie Appropriate e le buone pratiche per la gestione delle risorse: Ing. Arianna Cutrupi, Ing. Cristina Corapi, Ing. Chiara Proni, Ing. Francesca Pietroni, Ing. Francesco Rosati, Ing. Alberto Frascari , Si ringraziano i partecipanti al progetto in Marocco, Antonella Selva, Rafia, Omar, i ragazzi dell'Unione dei Douar Bani Hilal.

Si ringraziano tutti i dottorandi del XXIV e XXV ciclo con cui ho condiviso questi anni. Ing. Luca Antonozzi, Ing. Cristian Chiavetta, Ing. Sara Rizzo, Ing. Sara Focaccia, Ing. Francesco Tinti, Ing. Carlo Cormio, Ing. Lisa Di Candilo.

Per il loro supporto ringrazio anche: La famiglia Conte, Rino e Laura, Shiba Fedke, Luca Antonozzi, Neva Pedrazzini, Giovanni Damiola, Manuel Moruzzi, Laura Lorenzoni, Elvio Assunção, Neela Quagliola, Nicolas Denis, Mattia Ajello, Dolça, Claudio Musso, Giuliano Berarducci, Alb, Davide Zucco, Alegra Corbo, Leo, Nico, Simone Torri, Emilio e Arturo Gianvenuti, Martin Lo Russo, Serena Pezzato, Silvia Silverio.