



# Università degli Studi di Ferrara

## DOTTORATO DI RICERCA IN "TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA"

CICLO XXVI

COORDINATORE Prof. ROBERTO DI GIULIO

**La facciata drenante: una nuova soluzione per gestire le acque meteoriche sugli edifici tramite un sistema della facciata modulare/ventilata, collaborante all'uso dei sistemi di laminazione**

Settore Scientifico Disciplinare ICAR/12

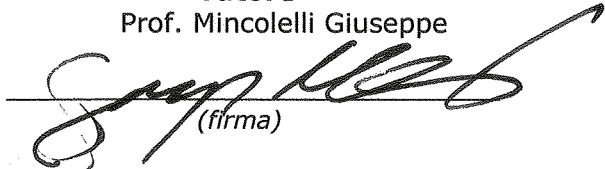
**Dottorando**

Dott. Torfehnezhad Mohammad

\_\_\_\_\_  
(firma)

**Tutore**

Prof. Mincoelli Giuseppe

  
\_\_\_\_\_  
(firma)

**Cotutore**

Prof. Bottarelli Michele

\_\_\_\_\_  
(firma)

Anni 2011/2014





*A mia moglie e mio figlio per il supporto  
e la pazienza che mi hanno dedicato in tutti questi anni lontano da casa. . .  
febbraio 2015*





## **INTRODUZIONE**

Il tema e l'ambito della ricerca .....	1
Il quadro generale della ricerca .....	2
Metodologia .....	3
Obiettivi raggiunti .....	4

## **CAPITOLO 1 - IMPATTO DELLE ACQUE METEORICHE NEL CONFRONTO DEGLI EDIFICI: I SISTEMI DELLA RACCOLTA E RIUTILIZZO DELL'ACQUA PIOVANA**

### Layout del capitolo

<b>1.1 la copertura dell'edificio e la precipitazione .....</b>	<b>9</b>
1.1.1 impermeabilizzazione delle coperture a falde .....	9
1.1.2 impermeabilizzazione delle coperture piane .....	10
<b>1.2 lo smaltimento delle acque piovane (negli edifici) .....</b>	<b>10</b>
1.2.1 i canali della gronda e pluviali: elementi costituiti .....	11
<b>1.3 la raccolta dell'acqua piovana: le motivazioni .....</b>	<b>13</b>
1.3.1 la raccolta dell'acqua piovana: i benefici ottenuti .....	14
<b>1.4 il consumo idrico domestico .....</b>	<b>15</b>
<b>1.5 il prezzo dell'acqua potabile .....</b>	<b>18</b>
<b>1.6 la quantità dell'acqua piovana da poter recuperare .....</b>	<b>18</b>
<b>1.7 la qualità dell'acqua piovana recuperata .....</b>	<b>19</b>
<b>1.8 la modalità di funzionamento degli impianti della raccolta dell'acqua piovana .....</b>	<b>21</b>
<b>1.9 il costo iniziale e la modalità della manutenzione .....</b>	<b>23</b>
<b>1.10 gli svantaggi di un sistema della raccolta dell'acqua piovana .....</b>	<b>25</b>
<b>1.11 la conclusione del capitolo .....</b>	<b>25</b>

## **CAPITOLO 2 - LE GESTIONI DELLE ACQUE REFLUE METEORICHE: LO STATO DELL'ARTE DELLE MODALITA' IN USO**

Layout del capitolo .....	29
---------------------------	----

<b>2.1 acque reflue: terminologia .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2 impatto delle acque reflue meteoriche sul contesto edificato .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3 la qualità delle acque reflue meteoriche .....</b>	<b>32</b>
<b>2.4 la sintesi delle normative per il controllo delle acque meteoriche ...</b>	<b>34</b>
2.4.1 P.T.A (Piano Tutela Ambientale) .....	34
2.4.2 la modalità di collaborazione del sistema risultante da questo progetto con i criteri stabiliti dalla P.T.A .....	35
<b>2.5 le soluzioni impiegate nella gestione delle acque reflue meteoriche.</b>	<b>36</b>
<b>2.6 la conclusione del capitolo .....</b>	<b>44</b>
 <b>CAPITOLO 3 - DICHIARAZIONE DELLA RICERCA: L'IPOTESI DI MODIFICARE IL CAMPO D'AZIONE NELLA MODALITA' DI FUNZIONAMENTO DEI SISTEMI DI DRENAGGIO URBANO</b>	
<b>Layout del capitolo .....</b>	<b>47</b>
<b>3.1 la superficie orizzontale: il fattore comune tra tutti sistemi di drenaggio urbano .....</b>	<b>47</b>
<b>3.2 lo spazio disponibile sulla superficie orizzontale: il punto critico degli attuali sistemi nei contesti altamente edificati .....</b>	<b>48</b>
<b>3.3 gestire l'acqua meteorica sulla superficie verticale: una potenzialità trascurata .....</b>	<b>49</b>
<b>3.4 la parete drenante: sfruttare la facciata edilizia come il campo d'azione .....</b>	<b>50</b>
<b>3.5 la conservazione dell'acqua meteorica sulla superficie verticale: gli eventuali problemi d'affrontare .....</b>	<b>54</b>
<b>3.6 la conclusione del capitolo .....</b>	<b>58</b>
 <b>CAPITOLO 4 - SISTEMI PER LE FACCIATE (PRESTAZIONI, TIPOLOGIE ED ANALISI MORFOLOGICA)</b>	
<b>Layout del capitolo .....</b>	<b>63</b>
<b>4.1 involucro edilizio .....</b>	<b>63</b>
4.1.1 classificazione delle facciate dal punto di vista funzionale .....	65
4.1.2 tipologie delle facciate non tradizionali (non portanti) .....	67

<b>4.2 una facciata integrata: la superficie che può raccogliere la pioggia</b> .....	<b>69</b>
<b>4.3 la facciata ventilata</b> .....	<b>69</b>
4.3.1 composizione dello schermo avanzato .....	70
4.3.1.1 sottostruttura .....	71
4.3.1.2 isolamento termico .....	72
4.3.1.3 intercapedine ventilata .....	73
4.3.1.4 sistema d'ancoraggio .....	73
4.3.1.5 rivestimento esterno .....	76
4.3.1.6 isolamento acustico .....	79
4.3.2 classificazione dei sistemi di facciata ventilata .....	80
<b>4.4 analisi morfologica per conoscere lo stato dell'arte della produzione dei sistemi di facciate ventilate</b> .....	<b>87</b>
<b>4.5 verifica delle soluzioni per i particolari (angoli, avanzali delle finestre, ecc.)</b> .....	<b>94</b>
<b>4.6 analisi di prestazione estetica per conoscere il panorama contemporaneo delle facciate ventilate dal punto di vista architettonico</b> .....	<b>99</b>
<b>4.7 la conclusione del capitolo</b> .....	<b>109</b>
 <b>CAPITOLO 5 - IDROLOGIA: ANALISI, CALCOLI E LA SIMULAZIONE NUMERICA DEL PROGETTO</b>	
<b>Layout del capitolo</b> .....	<b>113</b>
<b>5.1 la simulazione numerica del progetto: le motivazioni e gli elementi necessari</b> .....	<b>113</b>
5.1.1 SIPRO (agenzia per lo sviluppo) .....	115
5.1.2 AEA (Aree Ecologicamente Attrezzate) .....	117
5.1.3 area S.Giovanni (nota come zona sipro) .....	117
<b>5.2 ordini d'afferenza della rete dei canali e impianti idrovori nella vicinanza della zona modello</b> .....	<b>119</b>
<b>5.3 HEC – HMS: il modello simulatore</b> .....	<b>123</b>
5.3.1 calcolare i valori input per il Hec – Hms .....	123
<b>5.4 i calcoli idraulici: la terminologia</b> .....	<b>124</b>
<b>5.5 la prima fase della simulazione: i dati e i valori necessari</b> .....	<b>126</b>
<b>5.6 la seconda fase della simulazione: i calcoli della portata e gli schemi relativi</b> .....	<b>132</b>
<b>5.7 la conclusione del capitolo</b> .....	<b>151</b>

## **CAPITOLO 6 – DEFINIZIONE DEI REQUISITI PRESTAZIONALI E DEGLI OBIETTIVI DEL PROGETTO**

<b>6.1 il metodo QFD .....</b>	<b>155</b>
6.1.1 perché il metodo QFD? .....	155
6.1.2 limiti di QFD .....	156
6.1.3 approccio di QFD, applicato in questo progetto .....	157
<b>6.2 la definizione dei requisiti prestazionali .....</b>	<b>157</b>
<b>6.3 la definizione degli enti coinvolti .....</b>	<b>158</b>
6.3.1 analisi delle relazioni tra gli enti coinvolti .....	159
<b>6.4 analisi dei bisogni degli utenti .....</b>	<b>160</b>
6.4.1 la valutazione dei bisogni degli utenti .....	163
<b>6.5 la valutazione delle caratteristiche del prodotto .....</b>	<b>163</b>
<b>6.6 i varianti ed invarianti progettuali .....</b>	<b>173</b>
6.6.1 i varianti del progetto .....	174
6.6.2 invarianti del progetto .....	175
<b>6.7 la conclusione del capitolo .....</b>	<b>175</b>

## **CAPITOLO 7 - IPOTESI DEL PROGETTO E LA VERIFICA RISPONDENZA AI REQUISITI PRESTAZIONALI E GLI OBIETTIVI**

<b>Layout del capitolo .....</b>	<b>181</b>
<b>7.1 un riassunto delle fasi di pre-progettazione .....</b>	<b>181</b>
<b>7.2 l'influenza del QFD sulla fase di progettazione .....</b>	<b>183</b>
<b>7.3 i provvedimenti necessari per una progettazione funzionale .....</b>	<b>185</b>
<b>7.4 le modalità d'interpretazione dei particolari della forma finale ....</b>	<b>188</b>
<b>7.5 l'andamento tipologico verso la definizione della forma finale dei pannelli/serbatoi .....</b>	<b>202</b>
<b>7.6 la conclusione del capitolo .....</b>	<b>210</b>

## **CAPITOLO 8 - PRESENTAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO: I COMPONENTI FINALI, IL SISTEMA D'ANCORAGGIO, LA SOTTOSTRUTTURA**

<b>Layout del capitolo .....</b>	<b>215</b>
----------------------------------	------------

8.1 la strategia scelta per la progettazione finale dei serbatoi del sistema .....	215
8.2 la modalità della prestazione del sistema e le modifiche subite dai componenti finali .....	216
8.3 la prestazione dei componenti costituiti della soluzione principale: i serbatoi a scomparsa (il sistema della facciata drenante, modulare e ventilata) .....	217
8.4 la prestazione dei componenti costituiti dalla soluzione secondaria: i serbatoi a vista (il sistema della facciata drenante, modulare e non ventilata) .....	230
8.5 la capacità d’immagazzinamento e le dimensioni dei serbatoi .....	230
8.6 la sottostruttura, il sistema d’ancoraggio e la verifica di loro stato di compatibilità con i sistemi esistenti della facciata ventilata .....	236
8.7 la scelta del materiale adatto per la realizzazione dei serbatoi del sistema .....	248
8.8 serbatoi in Polietilene: la modalità di stampaggio .....	249
8.9 la modalità del funzionamento del sistema .....	251
8.10 le immagini finali dal effetto estetico delle entrambi soluzioni della facciata drenante .....	252
8.11 la conclusione del capitolo (vantaggi e svantaggi del sistema risultante da questo progetto ) .....	257
 <b>CAPITOLO 9 – LA VALUTAZIONE FINALE DEI RISULTATI OTTENUTI DALLA SIMULAZIONE NUMERICA DEL SISTEMA</b>	
9.1 la simulazione del sistema: i componenti necessari .....	261
9.2 i risultati della simulazione .....	262
9.3 la verifica della capacità del sistema tramite i diagrammi risultanti .....	268
9.3.1 il rendimento del sistema per drenare il deflusso creato nella prima ora dell’evento .....	268
9.3.2 il rendimento del sistema per drenare il deflusso creato durante tutto l’evento .....	268

9.4 la conclusione del capitolo ..... 270

**LA BIBLIOGRAFIA DEL RIFERIMENTO**



## INTRODUZIONE





## IL TEMA E L'AMBITO DELLA RICERCA

L'acqua meteorica è una fonte rinnovabile causata dalla pioggia. Quando si parla di una fonte d'energia, vengono subito in mente i metodi per controllare e usufruire di quella fonte; ma ciò che interessa in questo progetto di ricerca e che ci ha portati a creare un sistema innovativo, non sono benefici legati a questo prezioso dono di natura, ma i danni che può causare.

Mentre raccogliere e riutilizzare l'acqua meteorica è una possibilità che da anni viene sfruttata, i danni causati dall'acqua reflua meteorica, rimangono ancora un problema da affrontare per i sistemi deputati al suo smaltimento. Il problema diventa più gravoso quando, dopo una pioggia breve ed intensa, potrebbe originarsi un fenomeno chiamato come: "allagamento", in particolar modo quando si parla di un contesto urbano ad alta percentuale di impermeabilità superficiale.

L'allagamento è il frutto di un disequilibrio nel rapporto tra acqua in entrata e quella in uscita in un sistema di smaltimento delle acque reflue, dove l'input è costituito dall'acqua piovana, mentre l'output è l'acqua smaltita. In altre parole, quando l'intensità della pioggia è elevata e la durata dell'evento è breve (di solito si intende inferiore ad un'ora), il risultato sarà tanta acqua caduta dal cielo in un ristretto intervallo di tempo.

In queste condizioni, il sistema che deve smaltire quest'acqua (l'infiltrazione naturale, artificiale oppure le vasche di laminazione), andrebbe in tilt, per un semplice motivo: non c'è stato abbastanza tempo per smaltire l'acqua, così il sistema viene sovraccaricato causando un allagamento.

Per evitare o almeno ridurre questo accadimento, specialmente in un contesto urbano caratterizzato da maggiori superfici impermeabili, e quindi a rischio di allagamento e sovraccarico da acqua reflua meteorica, si può lavorare sui due fattori essenziali: guadagnare più tempo possibile per poter smaltire gradualmente l'acqua meteorica destinata ai sistemi di smaltimento, oppure trovare un spazio extra per immagazzinarla.

Creare un unico sistema capace di soddisfare questi fattori sarebbe più o meno come affiancare vari sistemi di smaltimento nella stessa zona, Oppure invece di utilizzare più sistemi contemporaneamente, si potrebbe allargare le dimensioni del sistema già esistente, come per esempio le vasche di laminazione o aggiungere altre vasche di prima pioggia; in tutti casi i costi aumenterebbero ingiustificatamente.

È qui che entra in gioco la tecnologia di architettura e design industriale per valutare un'idea iniziale di ricerca che può risolvere o alleggerire un problema nel settore d'ingegneria idraulica.

L'idea sarebbe utilizzare la potenzialità della superficie verticale dei fabbricati, cioè le facciate, per poter creare una rete autogestibile per ogni fabbricato ma diffusa sui numerosi edifici nello stesso contesto, sia urbano che industriale, e in grado di soddisfare i due fattori sopracitati.

Un sistema capace di guadagnare tempo e prendere in deposito una parte del carico dell'acqua meteorica defluente dall'edificio, aiutando così i sistemi di smaltimento installati nella zona. Un sistema modulare che avrà come campo d'azione le facciate dei fabbricati, sarebbe un'idea innovativa che aggiungerà un'altra funzionalità agli attuali sistemi modulari per le facciate degli edifici.

In questo progetto si è cercato di valutare la possibilità d'inventare una versione modificata della facciata integrata con i componenti progettati per gestire l'acqua piovana, prima che raggiunga il suolo. In altre parole, gestire una parte dell'acqua reflua ancora prima che diventi reflua.

Una ricerca del genere avrà benefici sia per l'ingegneria che per l'architettura. Nel settore ingegneristico toglierebbe una parte considerevole dell'acqua defluente

dagli edifici e dalla rete fognaria; ovviamente più il sistema viene diffuso tra diversi edifici, più la quantità di acqua che è in grado di gestire, aumenta.

In un campo sempre in crescita come quello della tecnologia a secco, in cui si realizzano le facciate integrate modulari, una soluzione del genere offre una nuova funzionalità, appoggiandosi a queste tecnologie già esistenti. Sfruttando la potenzialità permessa dalle queste facciate, si ottiene una giustificazione ragionevole dal punto di vista economico e questione dei costi. Infatti se un sistema del genere dovesse essere costruito ed installato appositamente, i benefici derivanti non giustificerebbero il costo iniziale. Ma installandola come una componente modificata della facciata integrata, il costo della sua realizzazione sarà in parte compreso nei costi di produzione ed installazione del sistema.

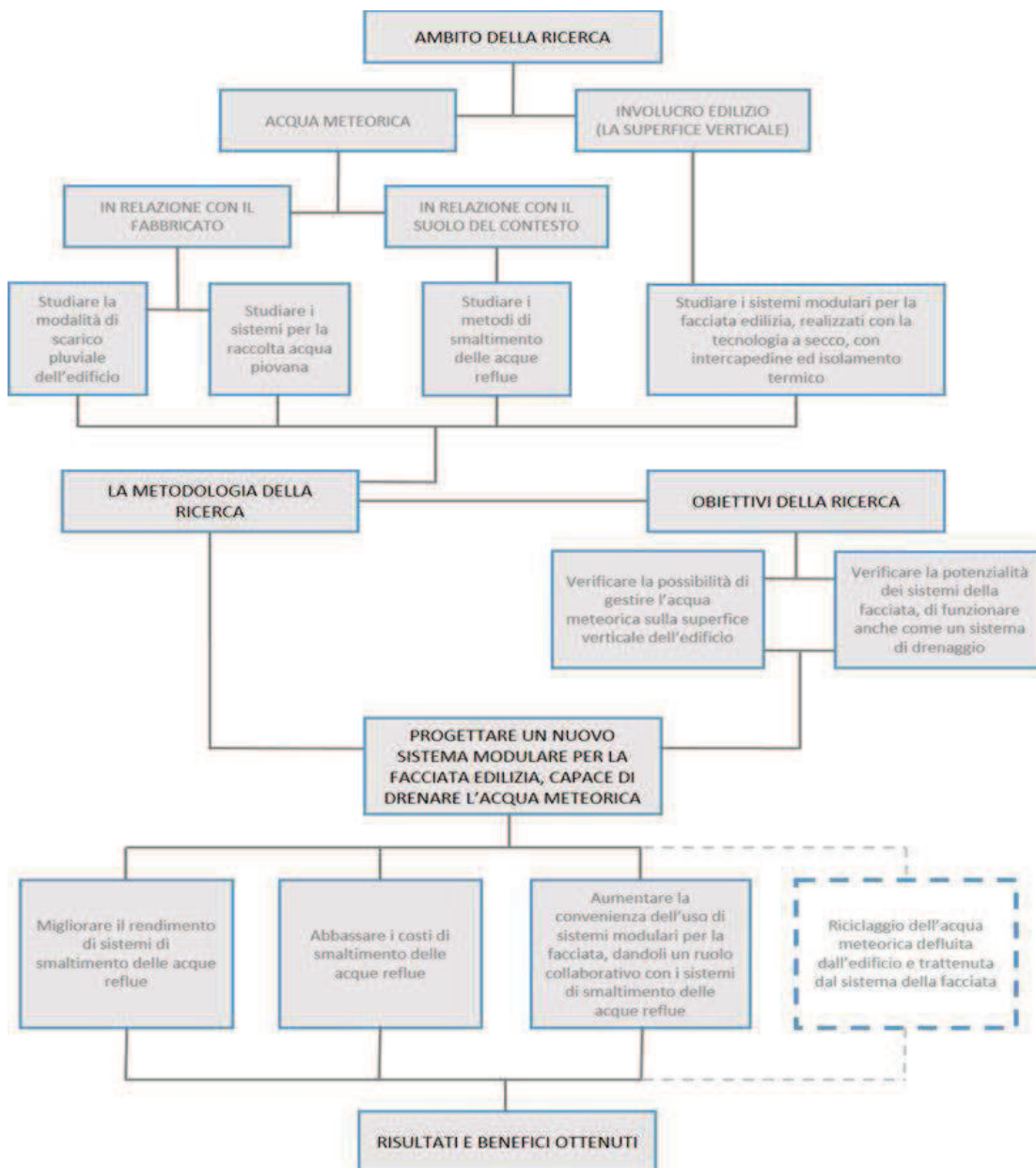
Sicuramente dopo tutto, il sistema creato dal questo progetto di ricerca avrà i sue criteri, limiti o svantaggi e migliorarlo sarà il compito di chi in futuro vorrà lavorare in questo settore e toccare questi argomenti. Per poter realizzare l'idea di questo progetto, bisogna approfondire le questioni relative al nostro scopo sui tre binari diversi:

<b>TECNOLOGIA</b> Sistemi per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche	Attuali sistemi di smaltimento che gestiscono il deflusso l'acqua meteorica già raggiunta il suolo, e lo fanno molto spesso con la difficoltà durante le piogge breve ed intense. <b>Perché non pensare ad evitare una parte di quest'acqua, raggiungere la rete fognaria, trattenendola sulle superfici verticali degli edifici?</b>
<b>SOSTENIBILITA'</b> Abbassare i costi di smaltimento e la possibilità del riciclaggio l'acqua piovana	Alleggerire il deflusso destinato ai sistemi di smaltimento significa, <b>eliminare o almeno ridurre la possibilità del sovraccarico di questi sistemi.</b> Questa strategia, aiuta a restringere le dimensioni della rete fognaria e di conseguenza, <b>abbassare i costi di realizzazione e il mantenimento correlati.</b> Inoltre, si salva sempre la possibilità di riciclare la quantità dell'acqua trattenuta.
<b>DESIGN INDUSTRIALE</b> Migliorare i sistemi modulari per la facciata, dandoli una nuova capacità funzionale	Il componente finale nel sistema di facciata integrata può avere una potenzialità notevole per collaborare con i sistemi di smaltimento dell'acqua meteorica. <b>Con la design industriale, si potrebbe darlo questa capacità, aggiungendo la funzione d'immagazzinare l'acqua piovana defluita dall'edificio.</b> In questo modo l'applicazione di questi sistemi, diventa ancora più vantaggiosa.

## IL QUADRO GENERALE DELLA RICERCA

L'idea d'immagazzinare e trattenere acqua meteorica sulla superficie verticale, non è un argomento molto seguito dagli altri progetti di ricerca in questo settore. A parte alcuni progetti sperimentati in altri paesi specialmente sud est asiatici come la Malesia e il Singapore o in l'Australia, che si limitano a trovare un modo efficace per misurare la quantità l'acqua piovana caduta sulle facciate degli edifici, non è stato trovato un progetto basato su un'idea simile e questa inconvenienza ci ha fatto mancare la possibilità di analizzare e valutare dei casi studio dei progetti simili.

Basandosi sul fatto di approfondire gli ambiti sopracitati, il quadro generale della ricerca potrebbe essere rappresentato sinteticamente in questo modo:



## METODOLOGIA

Essendo nell'ambito del design industriale, questo progetto di ricerca è destinato ad avere un prodotto che nascerà da una progettazione che chiamiamo la fase finale. Prima di arrivare a quella fase, sono state stabilite le fasi primarie:

- Nella prima, si studia il comportamento dell'acqua meteorica in relazione con il fabbricato, analizzando le sezioni dell'edificio che hanno a che fare con quest'acqua. Si studia il comportamento dell'edificio durante la pioggia, i danni che la pioggia può causare e le possibilità che ha da offrire.

- La seconda fase comprende l'analisi dello stato di arte dei sistemi che raccolgono l'acqua piovana quando cade sull'edificio e quelli che la smaltiscono quando raggiunge il suolo. Si cerca di scoprire i vantaggi e gli svantaggi, problemi causati dalla scarsità del loro rendimento e i punti su cui si potrebbe lavorare per migliorarlo.

- Nella fase successiva, viene analizzata la varietà dei sistemi modulari per le facciate, realizzati con la tecnologia a secco. Questo ci permette di conoscere i dettagli tecnici, le tipologie strutturali e le attuali tecnologie con cui le varie aziende produttrici di questi sistemi, installerebbero i diversi componenti della facciata.

Lo scopo di questa fase, è individuare, dal punto di vista tecnologico, la parte o le parti della sottostruttura di supporto, sistema d'ancoraggio o la modalità di isolamento termico che le varie aziende indagate, avranno in comune. Una volta individuate, le possiamo inserire nella tecnologia del sistema progettato da noi per aumentare la compatibilità con i sistemi esistenti abbassando così, il costo di realizzazione.

- La quarta fase è quella che ci deve chiarire tutto ciò che serve sapere sull'idrologia ed ingegneria idraulica per realizzare un sistema di drenaggio inserita nella facciata edilizia. Un quadro ben dettagliato che comprenderebbe i dati statistici e reali delle precipitazioni, le portate di deflusso relative ai diversi intervalli di tempo di pioggia e il volume d'acqua che una sistema del genere dovrebbe affrontare, sia nelle situazioni gestibili facilmente che in quelle critiche dal punto di vista meteorico. Per poter calcolare e simulare in modo scientifico, è stato scelto un capannone industriale situato nella zona SIPRO a S. Giovanni di Ostellato.

- Nella fase finale si entra nella sezione di progettazione. Per questa fase è stato scelto un metodo affidabile del settore del design industriale. Questo metodo chiamato QFD (Quality Function Deployment), è uno strumento di progettazione basato sui bisogni dell'utente. Una volta definito il quadro completo di tutto ciò che il prodotto finale deve comprendere, si inizia a formare la parte tecnica – strutturale ed estetica. È importante anche in questa fase, seguire la strategia iniziale del progetto, cioè, la compatibilità con i sistemi modulari esistenti per la facciata mantenendo però, l'originalità e il carattere innovativo del prodotto.

## **OBIETTIVI RAGGIUNTI**

Obiettivi di questa ricerca, mano a mano che le ricerche andavano avanti, sono stati revisionati relativamente alle priorità individuati nel corso di tempo. All'inizio siamo partiti con questo concetto progettuale:

Un sistema formato dai componenti installabili sulle facciate dei fabbricati, coprendo tutto l'involucro edilizio, creando una rete stesa sulla superficie verticale per raccogliere l'acqua piovana. Tali componenti dovevano, allo stesso tempo, portare al fabbricato altri due benefici: isolamento termoacustico e il rivestimento esterno realizzato con la tecnologia a secco.

Dopo aver individuato una zona come modello su cui ragionare (zona SIPRO), è stato rilevato un problema importante da affrontare nei contesti costruiti, sia urbani che industriali: il processo di smaltimento dell'acqua piovana che diventa reflua dopo aver raggiunto il suolo e il livello di gravosità in diretta relazione alla percentuale d'impermeabilità superficiale del contesto, dopo una pioggia breve ed intensa, sarà più difficile e più complicato.

Questa realtà ci ha fatto riflettere più sul ruolo dannoso della pioggia che i benefici correlati alla sua raccolta. L'altro motivo per cui andando avanti, si è sentita la necessità di riformulare gli obiettivi, erano le funzionalità previste dal progetto per il componente finale del nostro sistema; Dopo aver fatto una ricerca su buona parte dei produttori e installatori dei sistemi per la facciata, indagando su oltre 50 aziende italiane o straniere con la sede operativa in Italia, abbiamo capito che l'idea di progettare una facciata modulare che abbia contemporaneamente il ruolo isolante, drenante ed estetico, alla presenza di tutti questi sistemi, sarebbe in realtà una riprogettazione di ciò che esiste già.

Abbiamo capito alla fine che per creare un sistema drenante inserito nell'involucro edilizio, non servirebbe riprogettare un sistema modulare della facciata dalla A alla Z, ma basta invece, aggiungere una funzione integrale a quei sistemi, che in questo caso sarebbe la capacità di drenaggio dell'acqua piovana.

Tuttavia, i risultati attesi possono essere considerati in due categorie principali:

- Un miglioramento notevole dal punto di vista del rendimento, ai sistemi di smaltimento delle acque reflue, togliendogli un carico tangibile dell'acqua defluita. Un carico che ha una crescita legata alla percentuale dell'impermeabilità del suolo del contesto.
  
- Un miglioramento legato alla convenienza dei sistemi modulari per la facciata realizzato con la tecnologia a secco, dandogli una nuova funzione mentre mantengono le funzioni originarie.





1

IMPATTO DELLE ACQUE METEORICHE NEL CONFRONTO DEGLI EDIFICI: I SISTEMI DELLA RACCOLTA E RIUTILIZZO DELL'ACQUA PIOVANA

1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: i sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

---



## LAYOUT DEL CAPITOLO



### 1.1 LA COPERTURA DELL'EDIFICIO E LA PRECIPITAZIONE

Per la copertura di ogni edificio, che sia quella a falde oppure piane, sono previste due funzioni fondamentali riguardanti le precipitazioni: impermeabilizzazione e isolamento termico.

La prima è quella che impedisce la penetrazione dell'acqua meteorica proveniente dalla pioggia o dalla neve, nei materiali di costruzione o addirittura negli spazi interni dell'edificio. La seconda invece è la barriera che impedisce il passaggio di calore dall'interno all'esterno d'inverno e dall'esterno all'interno d'estate.

Per tanti anni quasi tutti gli edifici utilizzavano le coperture inclinate, perché la tecnologia d'impermeabilizzazione per le superfici orizzontali non era abbastanza accessibile.

Mentre per le coperture a falde si può impedire la penetrazione dell'acqua usando semplicemente gli elementi inclinati sovrapposti, (come lastre, tegole, ecc.) per una copertura piana bisogna creare una superficie impermeabile e omogenea, stesa come un lenzuolo sul tetto dell'edificio.

#### 1.1.1 Impermeabilizzazione delle coperture a falde

Le falde delle coperture inclinate che devono far defluire l'acqua meteorica verso il suolo, principalmente vengono utilizzate con questi materiali: (Fig.01)

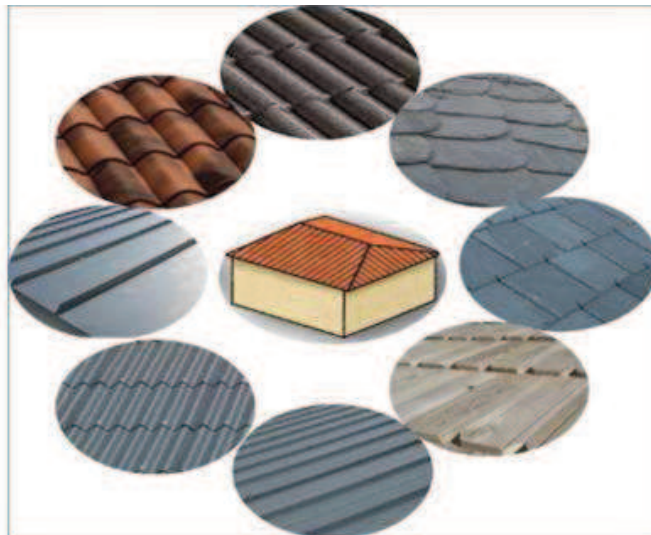
- Le tegole di laterizio e di cemento
- Le lastre di pietra e di ardesia
- Le tavolette di legno (scandole)

## 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

---

- Le lamiera metalliche piane, ondulate o nervate in metallo <sup>1</sup>  
Per lungo tempo è stato utilizzato un materiale chiamato eternit che in realtà era composto da cemento ed amianto, per lo più in forma di lastre ondulate. Ma ad oggi è stato abbandonato perché è cancerogeno.

Fig.01  
Materiali  
utilizzati per le  
coperture a  
falde



### 1.1.2 Impermeabilizzazione delle coperture piane

Si ottiene l'impermeabilizzazione delle coperture piane tramite l'applicazione di uno o più strati di materiali sintetici o bituminosi, creando un'unica guaina in grado di impedire la penetrazione dell'acqua meteorica nei materiali costruttivi del fabbricato o negli spazi interni. Questa superficie impermeabile sarà applicata sotto al pavimento in caso di una copertura calpestabile.

Da anni la guaina viene stesa anche nei tetti inclinati, posizionata sotto il manto creato dai materiali di copertura, soprattutto quando si tratta di lamiera metallica, per perfezionare l'impermeabilizzazione.

NB: anche sulle coperture piane viene applicata una leggera pendenza (di solito 3%) per condurre l'acqua piovana verso il canale della gronda ed evitare l'impermeabilizzazione dell'acqua sulla superficie orizzontale di copertura <sup>2</sup>.

## 1.2 LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE PIOVANE (NEGLI EDIFICI)

Tutte le coperture al di là del fatto che siano a falde o piane, sono attrezzate con un sistema per raccogliere l'acqua piovana e l'acqua ricavata dallo scioglimento della neve e condurle al piede dell'edificio, un processo che si chiama smaltimento delle acque piovane. Il sistema che realizza questo processo, generalmente è composto da due tipi di canalizzazione:

- La canalizzazione orizzontale o canali di gronda
- La canalizzazione verticale o i pluviali

La prima, aperta e perimetrata rispetto alla copertura, ha il dovere di raccogliere la portata dell'acqua meteorica che cade sull'edificio. Mentre la seconda che è

---

<sup>1</sup> ESMOND REID, 2005

<sup>2</sup> NEUFERT, 1987

## 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

---

composto da tubazioni verticali, collegate ai canali della gronda, porta quell'acqua al livello del suolo, usando la forza di gravità.

Una volta i pluviali scaricavano l'acqua sulla superficie del suolo ma attualmente l'acqua viene scaricata nella rete fognaria, oppure dispersa nel terreno mediante appositi conduttori su strade prive di fognatura, tombini o di collettori stradali<sup>3</sup>.

### 1.2.1 I canali della gronda e pluviali: elementi costituiti

La rete di scarico delle acque meteoriche su un edificio è composta da 3 parti principali<sup>4</sup>:

- I canali di gronda o i tratti orizzontali posizionati sulle estremità della falda del tetto, che devono raccogliere l'acqua meteorica,
- I pluviali o i tratti verticali posizionati sulle pareti esterni dell'edificio, che devono defluire quantità dell'acqua raccolta dalle grondaie,
- Collettori che devono raccogliere e condurre l'acqua defluita dai pluviali nella rete fognaria.

Ma per descrivere in modo più dettagliato si può descrivere un sistema di smaltimento dell'acqua meteorica, che deve compiere il processo completo dalla copertura al suolo, tramite seguenti elementi: (Fig.02)

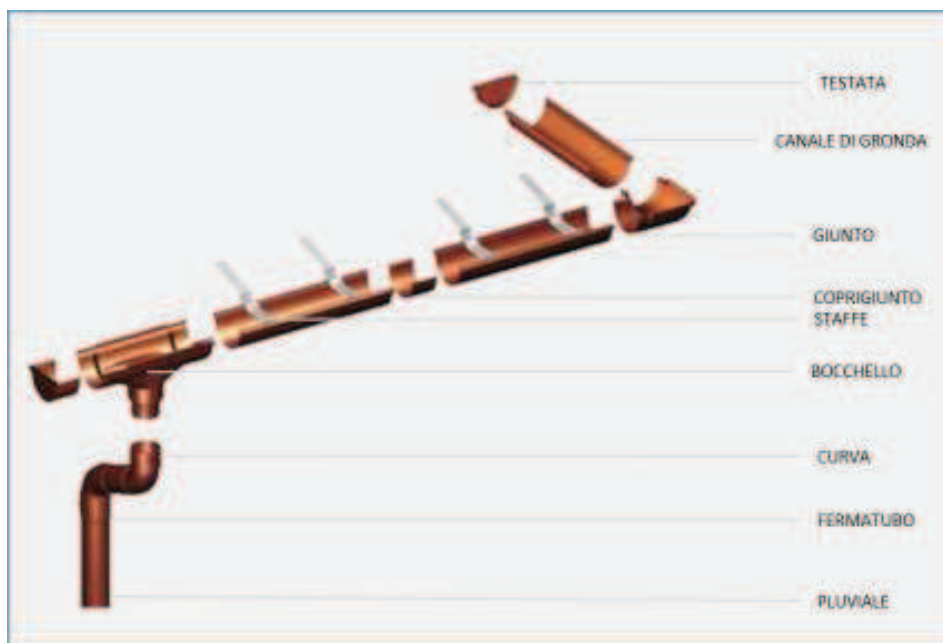


Fig.02  
Componenti di un classico sistema di scarico degli edifici.

Fonte: "cenni sulle rete di scarico degli edifici", corso di fisica tecnica e impianti tecnici, università di Genova, 2008/09

Dal punto di vista della tipologia dei materiali utilizzati per i componenti sopracitati possiamo basarci sulla norma UNI 10724 del 1999, che definisce i criteri di progettazione ed esecuzione dei sistemi di scarico delle acque meteoriche dalle coperture degli edifici. Secondo questa norma i seguenti materiali possono essere impiegati per i componenti del sistema di scarico delle acque meteoriche e gli accessori correlati:

---

<sup>3</sup> GREATER LONDON COUNCIL, 1979

<sup>4</sup> G. DALL'O, 2007

## 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

---

- Acciaio Zincato
- Acciaio Inox
- Alluminio e sue leghe
- PVC (rigido)
- Rame
- Zinco
- Titanio

I pluviali vanno installati per ogni 20-25 m di canale di gronda, canali che devono avere una minima pendenza di 0,5% verso il pluviale.

per determinare le dimensioni del canale pluviale, come larghezza o la sezione del canale, la profondità che sarebbe la quota di massimo riempimento (dimensione del lato verticale del canale), sezione idraulica, cioè, l'area che si considera occupata dall'acqua e la bocca che sarebbe la massima larghezza trasversale, ci sono delle formule da utilizzare (come per esempio la formula di Strickler) ma generalmente nel commercio ci sono delle regole pratiche da osservare, una delle regole stabilisce che la sezione dei pluviali espressa in centimetro quadrato deve essere pari alla superficie del tetto in mq, inoltre <sup>5</sup> :

- Non scendere al di sotto di 80 mm di bocca per i canali: semicircolari,
- Non scendere al di sotto di 100 mm di larghezza per 50 mm di altezza per i canali rettangolari,
- Dare una pendenza ai canali di almeno 0,5 %,
- Non adottare sezioni superiori a 113 cm<sup>2</sup>, cioè con diametro di 120 mm,
- La sezione dei tubi pluviali espressa in cm<sup>2</sup> deve essere pari alla superficie del tetto in m<sup>2</sup>,
- E' meglio aumentare il numero di pluviali piuttosto che la sezione degli stessi,
- Calcolare un pluviale ogni 70-100 m<sup>2</sup> di tetto e ogni 13 metri di gronda.

Fig.03  
Dimensionamento dei canali pluviali

Fonte: C.Comoletti, *il rame su i tetti*, edizioni Electa, Milano, 1994

Superficie tetto m <sup>2</sup>	Sezione minima di pluviali cm <sup>2</sup>	Numero dei pluviali	Diametro dei pluviali mm
100	100	2	90
200	200	3	100
300	300	5	100
400	400	6	100
500	500	7	100
600	600	8	100
700	700	10	100
800	800	11	100
900	900	12	100
1000	1000	14	100

---

<sup>5</sup> C. COMOLETTI, 1994

Per fare le giunzioni tra gli elementi del canale, si sovrappongono di alcuni centimetri le estremità dei singoli componenti, tenendo conto che le sovrapposizioni devono posizionarsi verso lo scarico per facilitare il deflusso delle acque. Questi giunti vengono mascherati e chiusi con le testate per impedire la fuoriuscita dell'acqua. Queste testate fanno parte degli accessori con cui si completa l'applicazione della grondaia. Altri accessori utilizzati sono <sup>6</sup>:

- Cicogne che sono le staffe per sostenere i canali sospesi,
- Tiranti e cambrette che devono fissare e immobilizzare i canali alla facciata dell'edificio,
- Angoli o elementi di raccordo,
- Scarichi o pluviali che sono i tubi connessi a canale di gronda tramite bocchettoni che conducono l'acqua al livello del suolo,
- Parafoglie che praticamente è una griglia di protezione posata sulla profondità del canale di gronda.

### **1.3 LA RACCOLTA DELL'ACQUA PIOVANA: LE MOTIVAZIONI**

Riutilizzare e riciclare l'acqua meteorica rappresenta una delle soluzioni per il problema dell'andamento negativo delle risorse idriche a causa dell'aumento della popolazione mondiale e parallelamente della richiesta dell'acqua; il termine "water stress" rappresenta esattamente questo dislivello <sup>7</sup>.

In Italia grazie alle opere artificiali realizzate, possiamo dire che dall'inizio del 2000, le risorse disponibili da deflussi superficiali ammontano a circa 40 miliardi di mc e aggiungendo i 12 miliardi di mc delle acque sotterranee, avremo un totale di risorse idriche a circa 52 miliardi di mc <sup>8</sup>. Mentre le precipitazioni, negli anni 2000-2012, sono state ridotte circa del 10% <sup>9</sup>. Le risorse però, non sono ugualmente distribuite sul territorio: mentre il centro-nord ha un numero maggiore di precipitazioni con fenomeni intensi, nelle zone del sud questo numero diminuisce <sup>10</sup>.

La ripartizione negli usi di queste risorse ha una relazione diretta con le caratteristiche produttive del paese. Infatti in Italia, a causa dell'importanza del settore agricolo, che è responsabile della maggior parte dei prelievi complessivi, il 48% del prelievo dalle risorse è destinato all'irrigazione <sup>11</sup>:

---

<sup>6</sup> ESMOND REID, 2005

<sup>7</sup> IRSA, 1999

<sup>8</sup> CONVIRI, 2008

<sup>9</sup> ISTAT

<sup>10</sup> ARPA

<sup>11</sup> ARPA, CNEL, ISTAT

## 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

Fig.04 (sinistra)  
Ripartizione nei settori dei prelievi idrici in Italia  
Fonte: CNEL, 2010

Fig.05 (destra)  
Ripartizione nei settori dei prelievi idrici in Emilia Romagna  
Fonte: APRA, 2011

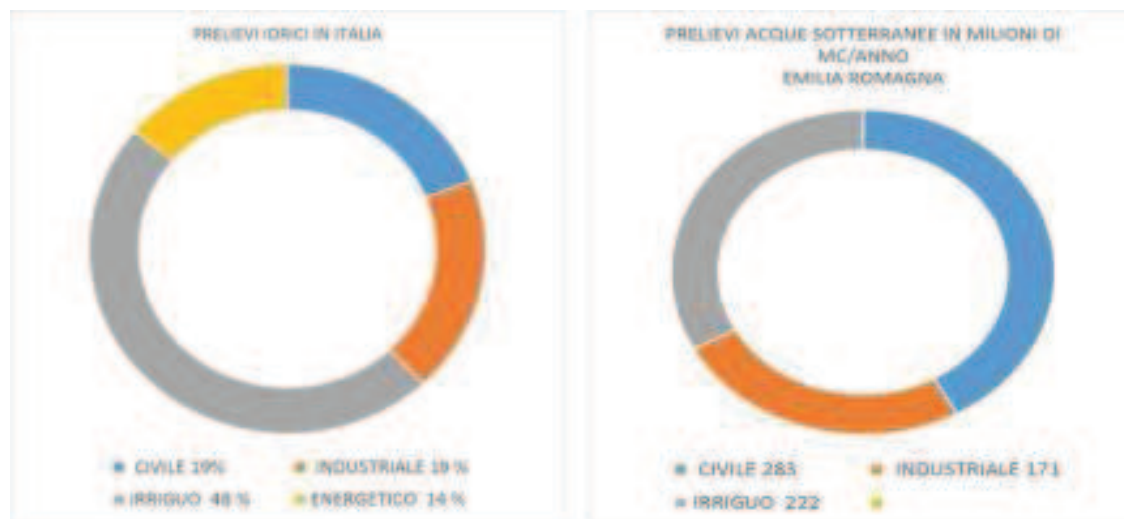


Fig.06 (sinistra)  
Ripartizione negli usi dei prelievi idrici in Emilia Romagna  
Fonte: APRA, 2011

Fig.07 (destra)  
Acqua prelevata in Italia per uso potabile per tipologia di fonte  
Fonte: ISTAT, 2011



Focalizzandoci solamente sul consumo idrico civile, si può dire che una soluzione per abbassare la percentuale di prelievo dalle risorse idriche per questo tipo di consumo, sarebbe la diffusione dell'installazione degli impianti di raccolta dell'acqua piovana. Infatti non sono pochi i proprietari che decidono di installare un impianto del genere. Anche nel settore pubblico, soprattutto nei centri urbani, la diffusione di questi impianti tra gli edifici della zona riduce la probabilità di un eventuale sovraccarico della rete fognaria in caso di precipitazioni di forte intensità. E dal punto di vista del costo di trattamento dell'acqua, proporzionalmente parlando, il maggior utilizzo di impianti per la raccolta dell'acqua piovana da parte gli utenti, comporterà il minor bisogno dell'uso di acqua depurata dall'ente pubblico, il che significa un risparmio economico anche per questo settore.

### 1.3.1 La raccolta dell'acqua piovana: i benefici ottenuti

Poter immagazzinare e riciclare l'acqua meteorica smaltita dall'edificio, è un'idea che da anni è diventata realtà. Non sono pochi gli attuali sistemi di raccolta dell'acqua piovana che, basandosi su principi simili di funzionamento, permettono all'utente di sostituire una parte del fabbisogno idrico con l'acqua recuperata dalla

## 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

---

pioggia. Si potrebbero sottolineare i seguenti motivi come i vantaggi più considerevoli <sup>12</sup>:

- Andamento decrescente delle riserve di acqua (acqua sotterranee o fluviali)
- Risparmio economico sui costi (l'estrazione, la depurazione e il trasporto)
- Ridurre spreco energetico (nei sistemi della raccolta dell'acqua piovana, l'acqua viene pompata a bassa pressione per via di percorsi meno estesi)
- Ridurre l'uso dei detersivi e in seguito ridurre l'inquinamento causato dai fosfati, tensioattivi e candeggina. (L'acqua piovana possiede una quantità molto inferiore di calcare rispetto a quella di rubinetto)
- Diminuire la quantità dell'acqua reflua meteorica da smaltire (questo vuol dire aumentare il rendimento dei sistemi di smaltimento)
- Ridurre il danno causato alle piante per via dell'abbassamento della quantità di calcare (in caso dell'uso per irrigazione del giardino)
- Razionare l'acqua potabile diminuendo la quantità destinata allo scarico (in caso di sostituzione una parte del fabbisogno idrico con l'acqua piovana)

La legge di stabilità finanziaria del 2008 (legge 144/2007, articolo 1, comma 288) ha disposto che dal 2009 il rilascio del permesso di costruire viene subordinato, oltre che dalla certificazione energetica dell'edificio, anche dalle caratteristiche strutturali dell'immobile finalizzato al risparmio idrico e al riciclo delle acque meteoriche. Questo vuol dire un valore aggiunto per un fabbricato che possiede un impianto di raccolta dell'acqua piovana, oltre al risparmio idrico e i benefici economici relativi <sup>13</sup>. Inoltre, in Italia la realizzazione degli impianti di raccolta, recupero e riutilizzo dell'acqua piovana, possono godere di detrazioni fiscali pari al 50% stabilito dal decreto legge n. 83 del 2012, chiamati "decreto crescita" nel settore edilizio <sup>14</sup>.

### 1.4 IL CONSUMO IDRICO DOMESTICO

In Emilia Romagna il consumo idrico giornaliero per un nucleo familiare medio (composto da 4 componenti) varia da 144,39 a 155,54 lit/ab/gg (litri al giorno per un abitante), perciò possiamo dire che una media di 150 lit/ab/gg può essere il numero realistico del consumo idrico. Nella tabella seguente sono riportate le azioni summenzionate, i rispettivi consumi in litri al giorno, la frequenza mensile e i metri cubi/anno per persona <sup>15</sup>:

---

<sup>12</sup> KARL HEINZ BOSE, 2012

<sup>13</sup> CRESME

<sup>14</sup> KARL HEINZ BOSE, , 2012

<sup>15</sup> ISTAT



## 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

Fig.08  
L'individuazione quantitativa del consumo idrico domestico.  
Fonte: ISTAT, 2011

\*Azioni per le quali non è facile individuare un consumo preciso poiché influenzate da diversi fattori; sono comunque considerate in eccedenza.

AZIONI	CONSUMI (LITRI PER USO)	FREQUENZA AZIONE	CONSUMI GIORNO (LIT/GG)	CONSUMI ESSENZIALI	CONSUMI NECESSARI	CONSUMI ECCEDENTI
Bere	3		3	3		
Cucinare	5		5	3	2	
Lavarsi le mani, lasciando scorrere acqua	8 LITRI/MIN					X
Lavarsi le mani, non lasciando scorrere acqua	2	2 VOLTE/GG	4	2	2	
Lavarsi denti, lasciando scorrere acqua	8 LITRI/MIN					X
Lavarsi denti, non lasciando scorrere acqua	2	3 VOLTE/GG	6	3	3	
Bagno in vasca	150	1 VOLTA/ME	5			5
Doccia in 5 min	50	1 VOLTA/GG	50	25	25	
Lavare piatti a mano raccogliendo acqua lavello	18	1 VOLTA/GG				X
Lavare piatti a mano con acqua corrente	8 LITRI/MIN					X
Lavastoviglie	35	3 VOLTE/SETT	15		15	
Lavatrice	90	2 BOLTE/SETT	26		26	
Sciacquone corto	6	3 VOLTE/SETT	18	10	8	
Sciacquone lungo	12	1 VOLTA/GG	12		12	
Rubinetto (barba, faccia, bidet)	8 LITRI/MIN	3 MINUTI/GG	24	12	12	
Giardino *	8-12 LITRI/MIN		X			X
Macchina lavata con secchio	100	1 VOLTA/ME	3			3
Macchina lavata con gomma	8-12 LITRI/MIN					X
<b>Totale (litri/giorno)</b>			171+X	58	105	8+X
<b>Totale (mc/anno)</b>			62,4+X	21,17	38,32	2,9+X
				<b>FASCIA AGEVOLATA</b>	<b>FASCIA BASE</b>	<b>FASCIA DI ECCEDENZA</b>

Il consumo individuato per tutte le tre fasce:

- Fascia agevolata (essenziale per la sopravvivenza): da 0 a 21 mc/abitante/anno
- Fascia base (necessaria per la vita quotidiana): da 21 a 60 mc/abitante/anno
- Fascia eccedenza: oltre 60 mc/abitante/anno

Il consumo teorico medio è pari a 62 mc/abitante/anno<sup>16</sup>. Anche se questo numero rappresenta un consumo giornaliero pari a 169 litri/abitante, ma dato che in questo calcolo è stata considerata anche la fascia eccedenza, che dovrebbe consumare più del previsto, possiamo sempre ragionare con 150 litri/abitante/giorno. Questi 150 litri/ab/gg vengono consumati mediamente con questo proporzione<sup>17</sup>:

<sup>16</sup> ISTAT

<sup>17</sup> ISTAT



## 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana



Fig.09  
La divisione del consumo idrico domestico dal punto di vista dei vari utenti.  
Fonte: ISTAT, 2011

Secondo l'esperienza nata dalla collaborazione tra il settore pianificazione territoriale e l'ambiente della provincia di Ferrara, la sezione dello sviluppo sostenibile della provincia (U.O.P.C) e la sezione dell'informazione ed educazione ambientale della regione Emilia-Romagna, che stata effettuata con il progetto "condomini sostenibili", applicando vari accorgimenti assieme all'impianto di raccolta dell'acqua piovana, si potrebbe arrivare ad un risparmio idrico annuale anche del 50%. Il progetto è stato finanziato per il 50 % dalla comunità europea sotto il nome progetto "Acqua Save" e comprende l'applicazione delle varie soluzioni contemporaneamente nei condomini Target (in particolare a Ferrara nella zona Krasnodar) con l'obiettivo di arrivare al massimo abbassamento del consumo idrico domestico. Questi accorgimenti comprendono quasi tutti i parametri che influenzano la quantità del consumo idrico domestico in un nucleo familiare. Il risultato ha dimostrato che tramite l'applicazione dei seguenti fattori si può riuscire ad ottenere un riduzione notevole del consumo idrico pari al 50%<sup>18</sup>:

- Per i wc, sistema di flussaggio con vasi che richiedono solo 3,5 litri d'acqua contro gli 8 litri per risciacquamento dei sistemi tradizionali, tramite le cassette dotate di doppio tasto con possibilità di interrompere lo scarico quando non è richiesto un elevato volume,
- Rubinetti dotati di sistema di iniezione d'aria nell'acqua (il volume dell'aria contenuto nel flusso rappresenta il risparmio dell'acqua), con manopole a due corse e relativi crescenti valori di portata. (Fino a 5 litri al minuto per la prima corsa e fino a 10 litri al minuto per la seconda corsa)
- Uso di lavastoviglie che richiedono 14 litri contro i 20 litri mediamente utilizzati per il tradizionale lavaggio dei piatti,
- Adottare un sistema di trattamento acqua grigia proveniente dagli scarichi della doccia, cucina e il lavandino del bagno, che ricicla quest'acqua e tramite un impianto separato la distribuisce alle cassette wc,
- E alla fine installare un sistema della raccolta dell'acqua piovana che distribuisce l'acqua riciclata a lavastoviglie ed a lavatrici.

Il risparmio del 50% di consumo idrico è ottenuto dalla somma delle seguenti percentuali:

<sup>18</sup> UFFICIO AGENDA 21, INFEA della provincia di Ferrara

## 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

---

- 30% per l'uso dei componenti a basso consumo d'acqua
- 15% per il riuso dell'acqua grigia
- 5% per l'uso dell'acqua piovana

### 1.5 IL PREZZO DELL'ACQUA POTABILE

Il prezzo dell'acqua potabile in Italia, girerebbe intorno ad una media di 1,55 euro al metro cubo. Un prezzo che si categorizza tra i più bassi dell'Europa centrale e il nord Europa.<sup>19</sup> Questo prezzo sarebbe una media della fascia delle tariffe che variano da 0.6 euro/mc (Milano) a 2.39 euro/mc (Firenze)<sup>20</sup> Perciò si potrebbe calcolare con un consumo idrico di circa 62 mc/anno/persona, come abbiamo visto poco prima, una famiglia media composto da 4 componenti pagherebbe quasi 400 euro all'anno per la bolletta dell'acqua. (62 mc/anno X 4 persone X 1.55 euro/mc)

### 1.6 LA QUANTITA' DELL'ACQUA PIOVANA DA POTER RECUPERARE

Ovviamente non piove tutti i giorni e non ugualmente nelle varie zone. Ma considerando che 1 mm di pioggia è equivalente ad una quantità di acqua pari ad 1 litro per metro quadrato, si può contare su una considerevole quantità d'acqua da poter raccogliere.<sup>21</sup>

Anche nei periodi caldi le precipitazioni temporalesche che in pochi minuti apportano, a volte anche, fino a 50 mm di pioggia, aumentano questa quantità. Per fare un esempio, su un tetto con una superficie di 100 mq, 1 mm di pioggia porterà 80 litri d'acqua:<sup>22</sup>

Fig.10  
Calcolo indicativo  
della quantità della  
pioggia da poter  
raccogliere.  
Fonte: KARL HEINZ  
BOSE, 2012



Le precipitazioni medie annue in Emilia-Romagna dal 2001 al 2011 sono 800 mm.<sup>23</sup>

Utilizzando la stessa relazione di sopra, sempre per un'abitazione unifamiliare con 100 mq di superficie da captazione (tetto), avremmo circa 64000 litri all'anno equivalente a 64 mc d'acqua resa dalla pioggia da riciclare.

---

<sup>19</sup>BLUE BOOK, 2011

<sup>20</sup>FEDERCONSUMATORI, , 2011

<sup>21</sup>INEA, 2004

<sup>22</sup>KARL HEINZ BOSE, , 2012

<sup>23</sup>ISTAT, 2012

## 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

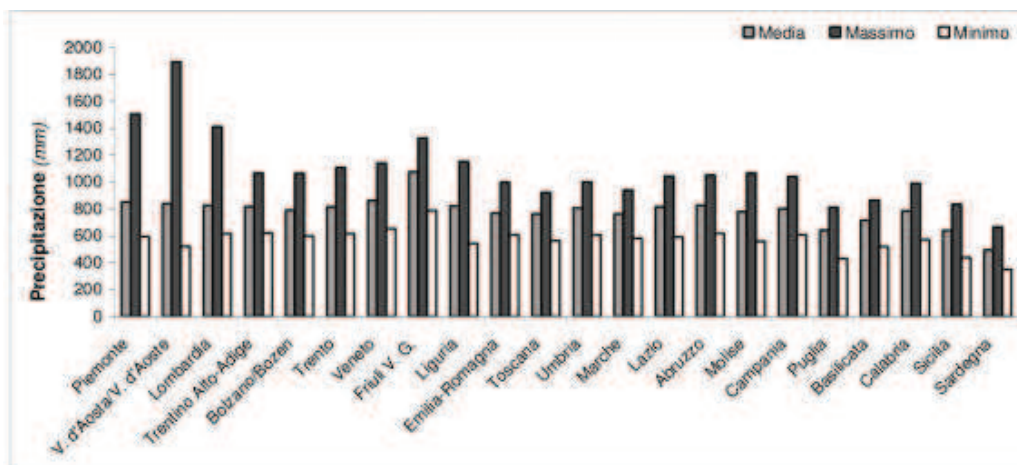


Fig.11  
Le precipitazioni medie annue per varie regioni Italiani dal 2001 al 2011  
Fonte: ISTAT

Ora se consideriamo un nucleo familiare composto da 4 componenti, come gli abitanti di questa casa di 100 mq (che abbiamo scelto come esempio), con un consumo idrico di 62 mc/anno per ogni abitante, precedentemente dimostrato, ci risulta un consumo totale di circa 250 mc/anno. Perciò si potrebbe dire che in caso d'installazione un impianto della raccolta dell'acqua piovana, in questa casa si potrebbe sostituire quasi il 25% del fabbisogno idrico con l'acqua piovana.

### 1.7 LA QUALITA' DELL'ACQUA PIOVANA RECUPERATA

La possibilità di riutilizzo dell'acqua piovana dipende direttamente dalla sua qualità. Ovvero dalla possibile presenza di sostanze inquinanti che possono alterare le sue caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche. La possibilità di presenza di queste sostanze è legata da un lato alla qualità della pioggia caduta sul tetto dell'edificio e dall'altro lato dalla tipologia della superficie di captazione da cui si dovrebbe fare la raccolta.<sup>24</sup>

Nel primo tratto, finché le nuvole di pioggia si creano per evaporazione, l'acqua piovana è praticamente pulita (una condizione che sarebbe quasi impossibile nei contesti urbani). Quest'acqua cambiandosi con CO<sub>2</sub>, ha un PH intorno a 5.6, ma con la presenza di Zolfo e Azoto prodotti dalla combustione di olio, gas e carbone, la pioggia diventerà "acida" a causa dell'abbassamento del PH circa di 4. Infatti in questo caso le coperture fatte di tegole di cotto o cemento, dato che contengono la polvere, influiscono positivamente sulla qualità dell'acqua raccolta dalla pioggia acida facendone aumentare il livello di PH fino a 7 (acqua neutra) o ancora in più (acqua alcalina):<sup>25</sup>

<sup>24</sup> INEA, 2004

<sup>25</sup> KARL HEINZ BOSE, 2012

## 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

Fig.12  
Livello d'idoneità delle coperture in relazione della qualità dell'acqua raccolta dalla pioggia.  
Fonte: KARL HEINZ BOSE, 2012

COEFFICIENTI DI DEFLUSSO E IDONEITA' DI VARI TIPI DI TETTO		
COPERTURA DEL TETTO	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	IDONEITA' PER LA RACCOLTA D'ACQUA PIOVANA
<b>TETTO PIANO CON :</b>		
COPERTURA IN GHIAIA	0,60	IDONEO
COPERTURA CON VEGETAZIONE	0,20	POCO IDONEO
RIVESTIMENTO IN BITUME	0,70	POCO IDONEO
RIVESTIMENTO IN METALLO	0,70	POCO IDONEO
<b>TETTO INCLINATO CON :</b>		
COPERTURA LAMINATA	0,80	IDONEO
COPERTURA IN ARDESIA	0,75	IDONEO
TEGOLE DI LATERIZIO O CEMENTO	0,75	IDONEO
COPERTURA CON VEGETAZIONE	0,25	POCO IDONEO
RIVESTIMENTO IN BITUME	0,80	POCO IDONEO
RIVESTIMENTO IN METALLO	0,80	POCO IDONEO
FIBROCEMENTO (ETERNIT)		NON IDONEO

Nel secondo tratto, cioè dal momento che la pioggia raggiunge la copertura dell'edificio, l'acqua comincia a portare con sé anche il materiale depositato sul tetto come le foglie, polvere, feci di uccelli, ecc. ma questi materiali non incidono significativamente sull'abbassamento di qualità dell'acqua raccolta.<sup>26</sup> A meno che non si tratti di superfici di captazione molto sporche o molto polverose, quell'acqua rimane ancora categoricamente "dolce". La tabella sottocitata (Fig. 13) dimostra le classe di durezza dell'acqua; L'acqua piovana contenendo dosi ridotte di Calcio e Magnesio, ha una durezza minima che infatti la rende meno dannosa per le lavatrici ed essendo quasi priva di Calcio evita la formazione d'incrostazioni di urina per i WC.<sup>27</sup>

Fig.13  
La classificazione della durezza dell'acqua piovana.  
Fonte: KARL HEINZ BOSE, 2012

DUREZZA DELL'ACQUA		
CLASSE DI DUREZZA	DUREZZA TOTALE IN mmol/l*	CONTENUTO DI SALI IN mmol/l
DOLCE	FINO A 1,5	FINO A 6,7
MEDEA	1,5 - 2,5	6,7 - 10,0
DURA	PIU' DI 2,5	PIU' DI 10,0

\*Millimetro per litro: si intende contenuto salino equivalente di carbonato di calcio presente in un volume unitario dell'acqua.

Parlando sempre del secondo tratto della strada percorsa dalla pioggia fino al punto di raccolta, possiamo anche dire che la superficie di captazione, il tetto nel nostro caso, ha il primo contatto con la pioggia. Una superficie in cui la tipologia del materiale utilizzato, avrà una ricaduta principale sull'utilizzabilità dell'acqua recuperata dalla pioggia dal punto di vista igienico. Per questo motivo, acque

<sup>26</sup> AGENZIA PROVINCIALE PER L'AMBIENTE, 2008

<sup>27</sup> KARL HEINZ BOSE, 2012

piovane provenienti da alcune tipologie di coperture edilizie elencate in seguito, saranno negate totalmente, o in alcuni casi parzialmente, per sostituire la parte non potabile del fabbisogno idrico civile:<sup>28</sup>

- **Tetti in Fibrocemento (Eternit):** A causa di disgregazione del materiale, vengono liberate le fibre di amianto che sono cancerogene.
- **Tetti di erba (tetto verde):** perché producono poca acqua che viene trattenuta dallo strato di terra e utilizzata dalle piante. Inoltre una parte viene rilasciata vaporizzandosi e quel poco che scorre in superficie contiene materiale organico e potrebbe essere usata solo per irrigazione.
- **Tetti in bitume (cartone catramato, ecc.):** componenti del bitume, sciogliendosi nell'acqua lasciano un colore giallo che la rende inutilizzabile per lavatrice ma va bene lo stesso per le cassette wc.
- **Tetti in metallo in lamiera di zinco o di rame:** per via della presenza di ioni di metallo nell'acqua raccolta non è ammesso per un eventuale installazione dell'impianto di raccolta dell'acqua piovana.

## 1.8 LA MODALITA' DI FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI RACCOLTA DELL'ACQUA PIOVANA

Generalmente in un impianto di raccolta dell'acqua piovana, si usa il tetto come superficie di raccolta o la superficie di captazione. Normalmente l'acqua piovana raccolta dal tetto, tramite i pluviali scorre direttamente nella rete fognaria, ma nel caso d'applicazione di un impianto di raccolta, quest'acqua entrerà nel reparto di stoccaggio dell'impianto invece che nella rete di fognature. In teoria per un recupero semplice e non sistematico, può essere sufficiente solamente un piccolo serbatoio per la raccolta delle acque meteoriche, ma in questo caso l'utente è limitato ad un utilizzo a scopo irriguo a causa della mancanza del filtro e della pompa e non può utilizzare l'acqua recuperata per i WC, lavatrici o la lavastoviglie.<sup>29</sup>

Un moderno sistema di raccolta dell'acqua piovana però, è fondato, funzionalmente, su tre fasi:<sup>30</sup>

- La fase d'intercettazione, ovvero la raccolta della pioggia dalla superficie di captazione o la copertura dell'edificio,
- La fase d'immagazzinamento o stoccaggio dell'acqua raccolta nella prima fase,
- La fase di sollevamento e distribuzione dell'acqua immagazzinata verso gli usi previsti.

Per semplificare la modalità di funzionamento e rappresentare i componenti coinvolti in un processo completo della raccolta e riciclaggio dell'acqua piovana, possiamo utilizzare il linguaggio schematico.<sup>31</sup>

---

<sup>28</sup> GIACOMO TORLAI, 2012

<sup>29</sup> PIERO COLAPRICO, 2006

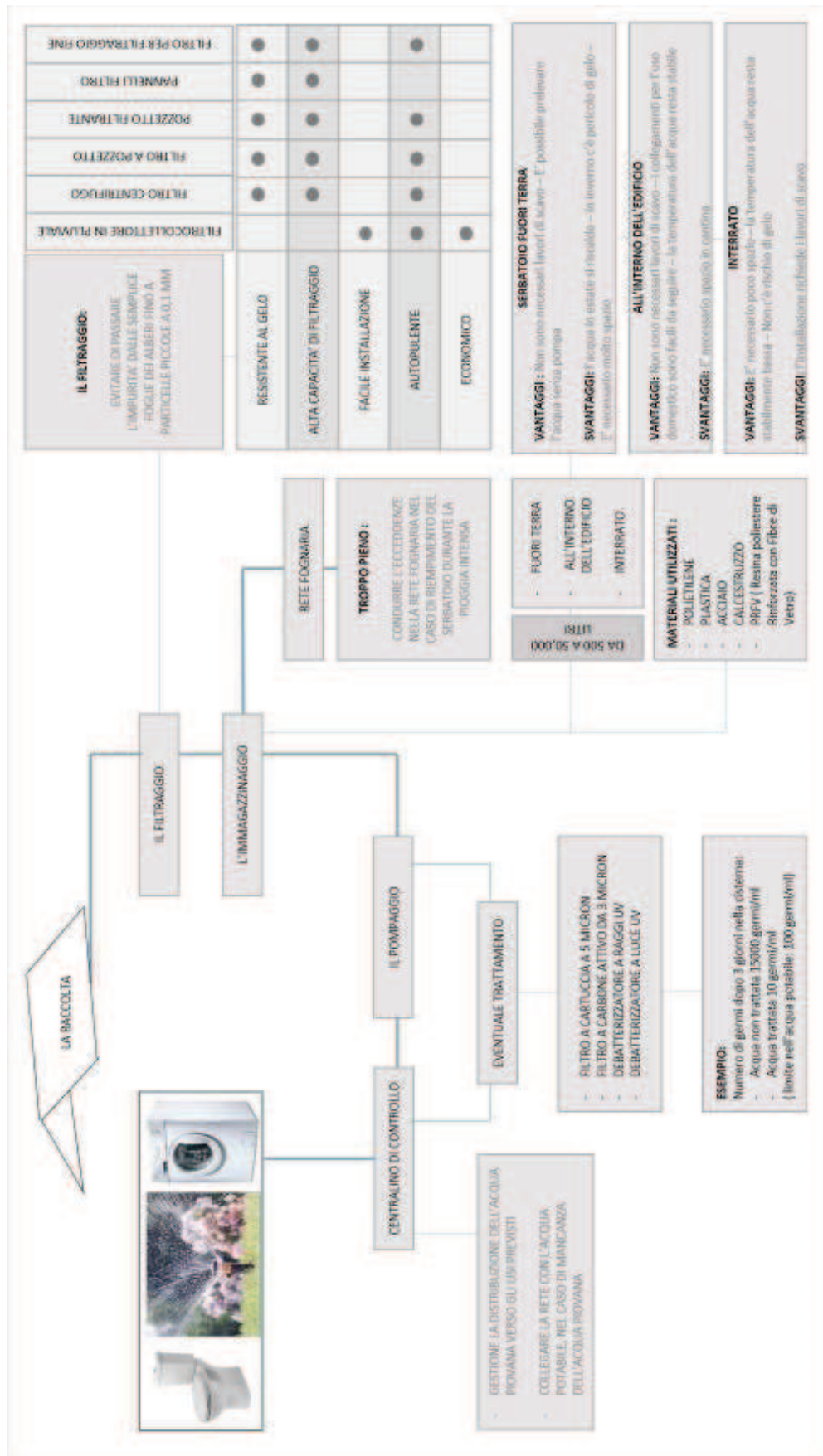
<sup>30</sup> GIACOMO TORLAI, 2012

<sup>31</sup> KARL HEINZ BOSE, *recuperare l'acqua piovana per la casa e il giardino*, Aam terra nuova, Firenze, 2012

# 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

Fig. 14

La modalità del funzionamento degli impianti della raccolta dell'acqua piovana: i componenti e i relazioni relativi.

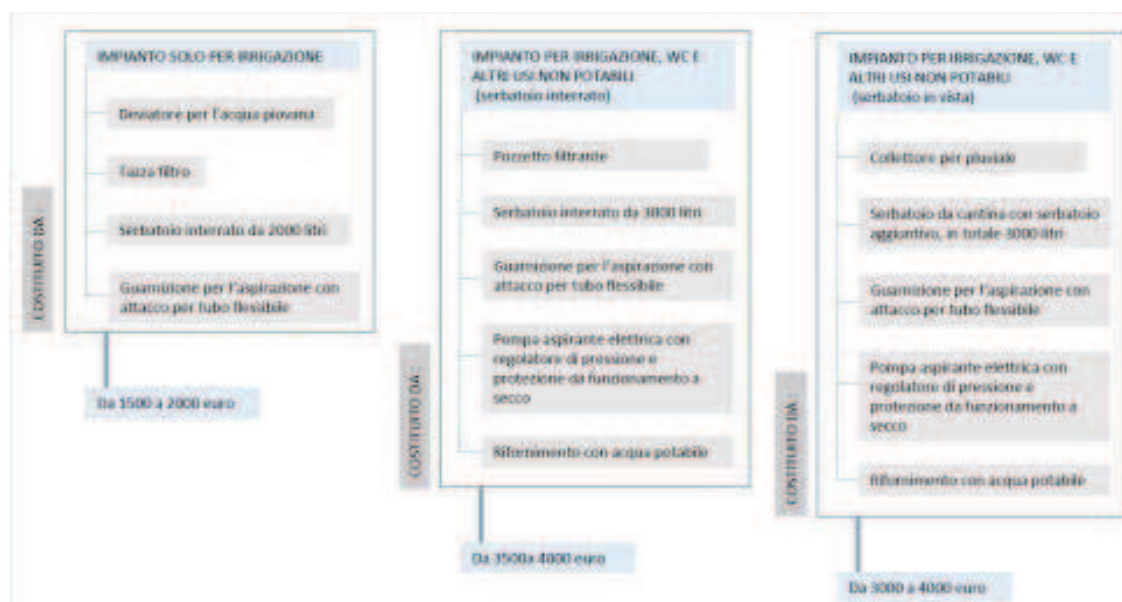




## 1.9 IL COSTO INIZIALE E LA MODALITA' DELLA MANUTENZIONE

Nonostante tutti i benefici comportati dall'utilizzo dell'acqua piovana, i costi legati all'installazione degli impianti di raccolta dell'acqua piovana risultano di solito non convenienti. Per installare un impianto di raccolta dell'acqua piovana, una parte dei costi è legata ai componenti del sistema che possono variare in relazione con la qualità o il marchio, livello della capacità del serbatoio e avere fatto la scelta di applicare anche un impianto di depurazione integrato. La seconda parte dei costi è relativa all'operazione di scavo e sotterramento del serbatoio, nel caso si abbia il serbatoio interrato.

Riguardo alla prima parte, i dati precisi e validi riguardo tutte le spese, ovviamente, non possono essere forniti in questo capitolo, ma approssimativamente basandosi sui preventivi consultati dalle varie aziende installatrici e le fonti studiate, si potrebbe considerare la Fig. 15, una tabella che rappresenta un riassunto dei vari modelli consultati con le fasce di prezzo e diverse categorie della modalità d'uso:



A questi costi bisogna aggiungere anche i costi relativi alla parte dell'operazione di muratura, lavori di scavo, d'installazione e tubature. I costi che faranno arrivare i prezzi sopracitati ad una somma complessiva che varia da 4500 a 6500 euro (IVA esclusa)<sup>32</sup>

Dal punto di vista della manutenzione, si può dire che una manutenzione ordinaria, in grado di garantire un buon funzionamento, sarà una volta all'anno e consiste generalmente nelle seguenti operazioni:<sup>33</sup>

- Verificare l'integrità dei componenti dell'impianto
- Pulire il filtro dell'acqua piovana e il filtro della pompa
- Pulire a fondo la cisterna asportando gli eventuali sedimenti o fanghiglia
- Verificare il corretto funzionamento di tutti i componenti dell'impianto

Per avere un'idea più chiara sullo stato di convenienza per l'installazione di un impianto di raccolta dell'acqua piovana, sempre basandosi sui dati relativi ad un famiglia media di 4 componenti ed in un'abitazione di 100 mq, è stata preparato una tabella con i calcoli indicativi per spiegare meglio il rapporto tra i costi e benefici:

<sup>32</sup>KARL HEINZ BOSE, 2012

<sup>33</sup>PIERO COLAPRICO, 2006

Fig.15  
La rappresentazione delle fasce dei costi d'installazione di vari tipi degli impianti della raccolta dell'acqua piovana.  
Fonte: i preventivi consultati dalle diverse aziende installatori.

Small header box with illegible text.

Dati generali del cliente	
<b>Nome</b>	
<b>Cognome</b>	
<b>Indirizzo</b>	
<b>CAP</b>	
<b>Città</b>	
<b>Prov.</b>	
<b>Telefono</b>	
<b>Fax</b>	
<b>E-mail</b>	
<b>Professione</b>	
<b>Stato</b>	
<b>Partita IVA</b>	
<b>Codice Fiscale</b>	

Vertical text on the right side of the table.



## 1.10 GLI SVANTAGGI DI UN SISTEMA DI RACCOLTA DELL'ACQUA PIOVANA

Abbiamo visto che il riciclaggio e l'uso dell'acqua piovana tramite appositi sistemi, offre un risparmio che potrebbe anche arrivare al 50% del fabbisogno idrico domestico (nel caso di affiancamento con le altre soluzioni per il risparmio sul consumo idrico). Ma questa soluzione nonostante i suoi benefici avrà anche degli svantaggi, per cui questi sistemi non sono notevolmente diffusi.

Un risparmio del genere come è stato precedentemente discusso e dimostrato nella Fig. 16, è equivalente a circa 200 euro all'anno, mentre il costo d'installazione è intorno a 5000 euro. In altre parole ci vorrebbero quasi 30 anni per recuperare l'investimento iniziale e cominciare a guadagnare con i risparmi sulla bolletta! (Senza considerare i costi fissi annuali sul consumo di elettricità delle utenze dell'impianto e i costi della manutenzione). Perciò si può dire, da questo punto di vista, un obiettivo economico non può essere ragionevole. Più che altro, i motivi, come aumentare il livello di sostenibilità ambientale dell'abitazione oppure essere più responsabile verso l'ambiente e altri motivi del genere possono essere più giustificabili.

Si dovrà avere a disposizione uno spazio esterno in cui viene installato o sotterrato il serbatoio d'accumulo. (Uno spazio che varia alla proporzione della dimensione del serbatoio, per esempio: da 1500x2500x2000 mm di larghezza, lunghezza e profondità, per un serbatoio di 3500 litri, a 2500x3500x2500 per la capienza di 10000 litri).<sup>34</sup> Avere questo limite vuol dire dover escludere la possibilità di utilizzare questi sistemi per gli utenti che abitano nei contesti ad alta densità di costruzione come i centri storici. Perciò, possiamo considerare i due principali motivi per cui i sistemi di raccolta dell'acqua piovana non sono diffusi come si deve:

- Non avere un rapporto ragionevole dal punto di vista economico tra i costi e benefici,
- Avere l'assoluta necessità di uno spazio considerevole per posizionare il serbatoio d'accumulo.

## 1.11 LA CONCLUSIONE DEL CAPITOLO

La raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana e il suo smaltimento e drenaggio, sono due aspetti principali che prima di entrare in merito dell'idea del nostro progetto di ricerca, devono essere analizzati. In questo capitolo e nel prossimo, cerchiamo di dimostrare lo stato dell'arte dei sistemi relativi al concetto dell'acqua meteorica legati agli aspetti indicati. Sia le modalità della raccolta e riutilizzo, che sono state presentate in questo capitolo, che quelle del processo di drenaggio e lo smaltimento, che si presenteranno nel 2° capitolo, vengono analizzate per rispondere alla domanda su cui è basata l'idea di questa ricerca:

*“ sarebbe ragionevole cambiare il campo d'azione di un sistema di drenaggio da un attuale superficie orizzontale ad un eventuale superficie verticale? e se la risposta è positiva, quali saranno le modalità di funzionamento, i vantaggi e i limiti? “*

Questa domanda che costituisce la base del nostro progetto di ricerca, verrà discussa al 3° capitolo. Dove spiegheremo che la superficie verticale su cui intendiamo attivare un sistema collaborante con le reti di drenaggio, sarà la facciata dei fabbricati.

---

<sup>34</sup> INEA, 2004

## 1. Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: I sistemi della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

---

Ma se il sistema drenante ideato in questo progetto di ricerca agirebbe sotto l'aspetto e le funzioni di una facciata edilizia, indirettamente crea anche la possibilità di riciclare l'acqua piovana accumulata in sé. Questo sarebbe un vantaggio per coloro che non riescono ad avere a disposizione un impianto di raccolta dell'acqua piovana a causa di limiti di spazio.

Ovviamente avere il volume d'accumulo sulla facciata dell'edificio, diversamente da un classico serbatoio sulla superficie orizzontale, comporterà un limite riguardo al tempo di consumo dell'acqua raccolta nei casi in cui la quantità di precipitazione supera la capienza del volume di stoccaggio creato sulla facciata. Ma gli obiettivi di questo progetto di ricerca non comprendono il riciclaggio dell'acqua piovana e questa opzione è considerata all'inizio una possibilità collaterale da poter sfruttare, non entriamo nel merito di proporre delle soluzioni per superare questo limite.

Inoltre, è da sottolineare che un sistema del genere, deriva da un investimento già effettuato per altri scopi, cioè, quelli legati ad un sistema della facciata edilizia. Perciò, risparmio economico ottenuto da un eventuale riciclaggio dell'acqua piovana sarà quasi del tutto guadagno, perché si potrebbe togliere il costo d'investimento iniziale.

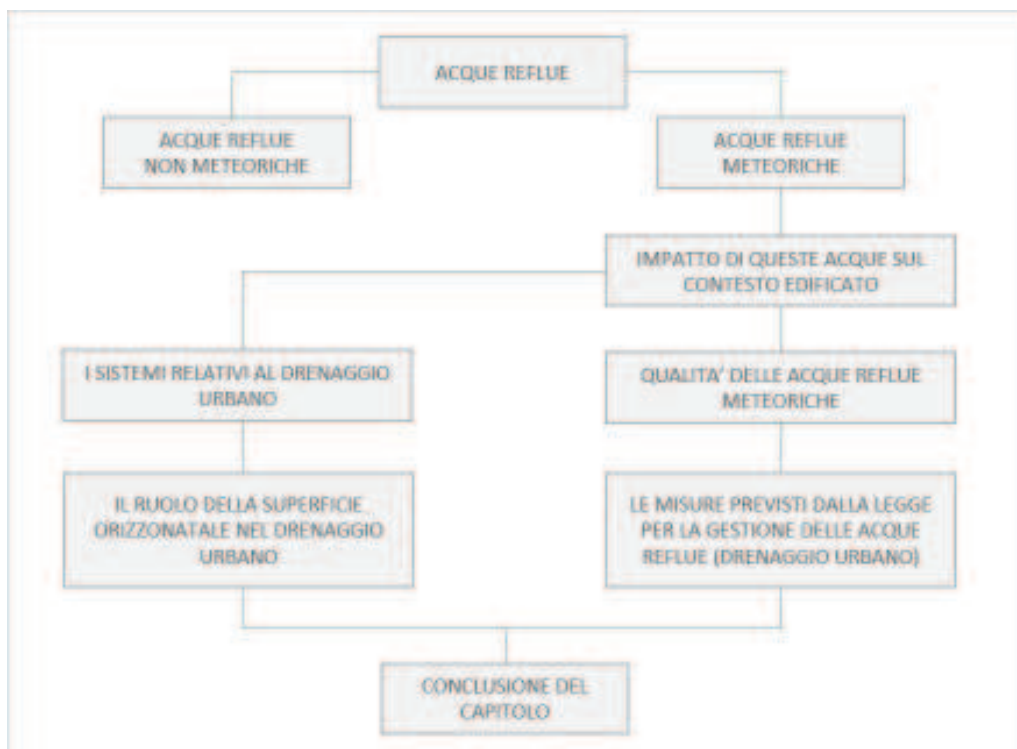


## **2** LE GESTIONI DELLE ACQUE REFLUE METEORICHE: LO STATO DELL'ARTE DELLE MODALITA' IN USO

## 2. Le gestioni delle acque reflue meteoriche: lo stato dell'arte delle modalità in uso

---

## LAYOUT DEL CAPITOLO



## 2.1 ACQUE REFLUE: TERMINOLOGIA

Le acque reflue sono tutte quelle acque la cui qualità viene pregiudicata dall'azione antropica dopo l' utilizzo in attività domestiche, industriali e agricole, diventando quindi inidonee ad un loro uso diretto. Le acque reflue, che sono chiamate anche *acque di scarico*, in base alla loro origine sono contaminate da diverse tipologie di sostanze inquinanti.<sup>1</sup>

### - Acque reflue domestiche:

Acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche. (art. 74 – D.Lgs. 152/06)

### - Acque reflue industriali:

Qualsiasi tipo di acque reflue provenienti da edifici od installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, differenti qualitativamente dalle acque reflue domestiche e da quelle meteoriche di dilavamento. (art. 74 – D.Lgs. 152/06)

### - Acque reflue urbane:

Il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali, e/o di quelle cosiddette di ruscellamento (meteoriche di dilavamento, acque di lavaggio delle strade, ecc.) convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato. (Art. 2 – Regolamento Regionale n° 4 del 24/03/2006)

### - Acque reflue meteoriche:

---

<sup>1</sup>GIUSEPPE LUIGI CIRELLI, 2003

## 2. Le gestioni delle acque reflue meteoriche: lo stato dell'arte delle modalità in uso

---

La parte delle acque di una precipitazione atmosferica che, non assorbita o evaporata, dilava sulle superfici scolanti. (Art. 2 – Regolamento Regionale n° 4 del 24/03/2006)

- **Acque pluviali:**

Le acque meteoriche di dilavamento dei tetti, delle pensiline e dei terrazzi degli edifici e delle installazioni. (Art. 2 – Regolamento Regionale n° 4 del 24/03/2006)

- **Acque di prima pioggia**

Quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta delle acque meteoriche. (Art. 2 – Regolamento Regionale n° 4 del 24/03/2006). Dal punto di vista del calcolo relative alle portate, per semplificare il concetto, si assumono i primi 15 minuti dell'evento pluviale.

- **Acque di seconda pioggia:**

La parte delle acque meteoriche di dilavamento eccedenti dalle acque di prima pioggia. (Art. 2 – Regolamento Regionale n° 4 del 24/03/2006)

## 2.2 IMPATTO DELLE ACQUE REFLUE METEORICHE SUL CONTESTO EDIFICATO

L'urbanizzazione di un territorio è un percorso legato alla costruzione del suolo. Un fenomeno che ha un'influenza notevole sullo stato di impermeabilizzazione della superficie orizzontale. Nelle aree costruite, una buona parte di questa superficie non riesce a scambiare acqua e aria con l'atmosfera, e questo succede non solo nei percorsi come le strade, parcheggi, percorsi pedonali, marciapiedi o le aree di sosta, ma anche nelle coperture degli edifici e dei fabbricati situati in contesto.

La chiusura del suolo è una operazione che presenta una serie di effetti negativi che influenzano direttamente le vie dell'acqua. La fig. 1, dimostra la variazione del bilancio idrico di un territorio in relazione con la percentuale della superficie costruita. In un'area naturale il 50% dell'acqua meteorica entra nel suolo, di cui il 25% sarà trattenuto dagli strati superficiali del terreno e un altro 25% si infiltra negli strati più profondi; mentre il 40% evapora e torna nel cielo, soltanto il 10% defluisce e deve essere smaltito. Questa quantità di deflusso aumenta proporzionalmente con la percentuale della superficie costruita o in altre parole la chiusura del suolo, mentre d'altra parte infiltrazione ed evaporazione diminuiscono. In questo caso smaltire il volume dell'acqua defluita diventa sempre più complicato e più costoso: <sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>ELENA GIACOMELLO, 2009

## 2. Le gestioni delle acque reflue meteoriche: lo stato dell'arte delle modalità in uso

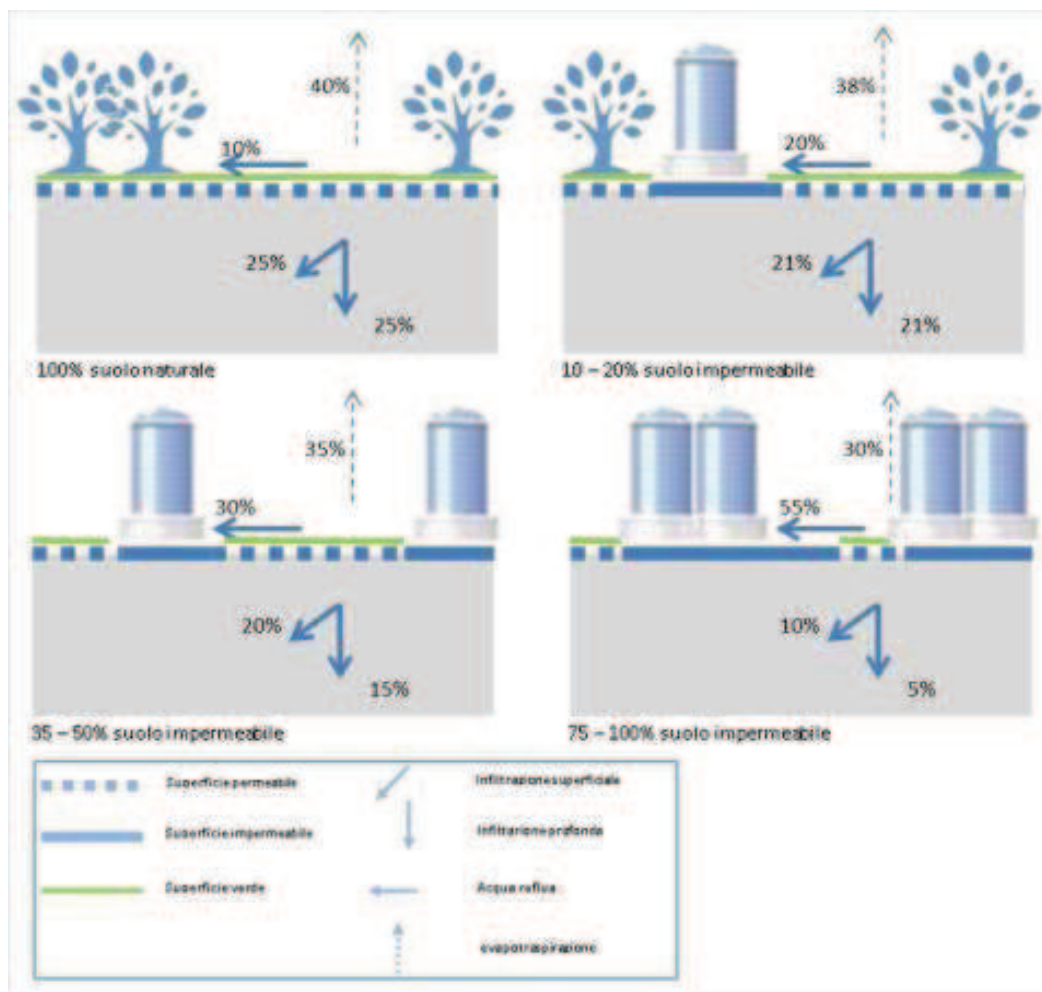


Fig.01  
La variazione del bilancio idrico in proporzione con il livello della chiusura del suolo.  
Fonte: ELENA GIACOMELLO, 2009

Questa crescita quantitativa delle acque reflue meteoriche, legata alla chiusura del suolo che dipende direttamente dall'urbanizzazione, comporta i seguenti effetti negativi :<sup>3</sup>

Modificare il regime dei corsi d'acqua: l'andamento naturale (regime) della portata nei corsi d'acqua, soprattutto quelli più piccoli, nelle zone ad alto livello di urbanizzazione ed elevato grado d'impermeabilizzazione superficiale, viene modificato a causa dell'immissione rilevante di acque meteoriche defluite tramite le fognature. Il principale effetto negativo causato da questa impermeabilizzazione, che minaccia questo regime, è l'alternanza tra la formazione di torrenti in un breve arco di tempo durante il periodo di pioggia e un probabile prosciugamento a causa della mancanza d'acqua di falda durante il periodo secco.

Sovraccaricare le fognature: l'aumento notevole della quantità di acque reflue meteoriche, soprattutto durante le piogge brevi ed intense, aumenta il rischio di sovraccaricare le fognature e causare allagamento.

Riduzione dell'alimentazione della falda acquifera: la falda acquifera, che viene naturalmente alimentata dalla quantità di acqua infiltrata nel suolo, ovviamente

<sup>3</sup>"linee guida d'indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di prima pioggia", (regione Emilia - Romagna)

con l'aumento della chiusura del suolo verrà notevolmente ridotta dal punto di vista quantitativo.

L'inquinamento dei corsi d'acqua: per via degli elevati costi e della solita mancanza degli spazi disponibili, la presenza di idonei impianti di trattamento delle acque reflue meteoriche nelle zone altamente urbanizzate, è limitato. Questo vuol dire che la maggior parte dei sistemi fognari è mista. Questo permette di scaricare l'acqua reflua meteorica non pretrattata, quindi contenente le sostanze inquinanti, nei corsi d'acqua tramite i così detti: "scaricatori di piena" durante i periodi piovosi prolungati e gli eventi temporalistici.

Peggiorare il microclima: l'aumento della temperatura nell'ambiente circostante un contesto altamente edificato, è legato direttamente dall'umidità causata dall'evaporazione dell'acqua meteorica. In altre parole, più aumenta il livello di chiusura del suolo, più si velocizza il processo di formazione delle acque reflue destinate alle reti di drenaggio, ciò vuol dire una diminuzione dell'evaporazione dell'acqua meteorica.

Aumentare i costi di smaltimento delle acque meteoriche: è assolutamente chiaro che l'andamento del livello di chiusura del suolo è direttamente proporzionale alla crescita della quantità delle acque reflue meteoriche, e questa comporterà ulteriori costi legati al processo di smaltimento.

### **2.3 LA QUALITA' DELLE ACQUE REFLUE METEORICHE**

Nel capitolo 1 paragrafo 1.7, abbiamo dimostrato i parametri e fenomeni che hanno una ricaduta significativa sulla qualità delle acque meteoriche nei primi due tratti: dal cielo alle coperture degli edifici e dalle coperture al suolo. ma quando parliamo delle acque reflue meteoriche, bisogna aggiungere al carico totale dell'acqua destinata alla rete fognaria anche le acque piovane, soprattutto della prima pioggia, provenienti dalle superfici orizzontali dei contesti urbani come le strade, parcheggi, ecc. Questa parte del carico, essendo originata dalle superfici maggiormente percorse da automezzi, contengono una gamma più vasta d'inquinanti rispetto a quelle provenienti dalle coperture degli edifici:<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>J.E.BALL, 1998



## 2. Le gestioni delle acque reflue meteoriche: lo stato dell'arte delle modalità in uso

INQUINANTE	FONTE PRIMARIA
SOLIDI	USURA DEL MANTO STRADALE, VEICOLI, ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE
AZOTO	UTILIZZO DI FERTILIZZANTI NELLE AREE VERDI STRADALI
FOSFORO	UTILIZZO DI FERTILIZZANTI NELLE AREE VERDI STRADALI
PIOMBO	SCARICHI DI AUTO, USURA DI PNEUMATICI, OLI E GRASSI LUBRIFICANTI, USURA DEI CUSCINETTI
ZINCO	USURA DI PNEUMATICI, OLI E GRASSI DEL MOTORE
FERRO	RUGGINE DEI VEICOLI, STRUTTURE STRADALI IN ACCIAIO, PARTI MECCANICHE IN MOVIMENTO
RAME	CORROSIONE DELLA CARROZZERIA, PARTI MECCANICHE IN MOVIMENTO, USURA DEI CUSCINETTI E SPAZZOLE, INSETTICIDI PESTICIDI
CADMIO	USURA DI PNEUMATICI, PESTICIDI
CROMO	CORROSIONE DELLA CARROZZERIA, PARTI MECCANICHE IN MOVIMENTO, USURA DEL RIVESTIMENTO FRENI
NICHEL	SCARICO DI DIESEL E BENZINA, OLI LUBRIFICANTI, CORROSIONE DELLA CARROZZERIA, USURA FRENI, SUPERFICI ASFALTATE
MAGNESIO	PARTI MECCANICHE IN MOVIMENTO, SCARICHI DI AUTO
CIANURO	COMPOSTI ANTI GELO
CALCIO/COLOR. DI SODIO	SALI ANTI GELO
SOLFATI	SUPERFICI STRADALI, BENZINE, SALI ANTI GELO
IDROCARBURI	PERDITE DI LUBRIFICANTI, FLUIDI IDRAULICI ED ANTI GELO
PCB	CATALIZZATORI PCB IN PNEUMATICI SINTETICI, SPRAY PER SEGNALETICA, SUPERFICIE STRADALE
PHA (IDROCARBURI POLICICLI AROMATICI)	LISCIVIAZIONE ATTRAVERSO SUPERFICI ASFALTATE

Fig.02  
L'inquinanti presenti sulle strade e relativa fonte primaria.  
Fonte: J.E.BALL, 1998

Praticamente il livello d'inquinamento delle acque reflue meteoriche è correlato al dilavamento operato dalla pioggia che dipende dalle sostanze presenti in atmosfera (le cui caratteristiche sono legate alla tipologia del contesto: civile/industriale) e dalle particelle trasportate dagli agenti atmosferici. D'altra parte sarà influenzato fortemente dall'accumulo degli inquinanti sulle superfici del contesto edificato durante il tempo asciutto.<sup>5</sup>

INQUINANTE	CONCENTRAZIONE DEPOSITATA (MG/L)
SOLIDI SOSPESI	5 - 70
COD	8 - 27
SOLFATI	5 - 46
FOSFORO TOTALE	0,02 - 0,37
AZOTO NITRICO	0,5 - 4,5
PIOMBO	0,03 - 0,12
ZINCO	0,05 - 0,38

Fig.03  
Deposizione degli inquinanti causati dalla pioggia.  
Fonte: S.PAPIRI/S.TODE

<sup>5</sup>S.PAPIRI/S.TODESCHINI, 2007

Questo vale a dire che, più un contesto sarà edificato, più si alzerà il livello d'inquinamento delle acque reflue meteoriche destinate alla rete fognaria della zona. A questi due fattori che influenzano il livello d'inquinamento di queste acque, si può aggiungere anche un ulteriore parametro, ovvero i condotti fognari. Praticamente il carico di deflusso formato dalle acque reflue meteoriche passa attraverso questi condotti per raggiungere le reti fognarie e le sostanze inquinanti sotto forma di particelle depositate nei condotti, possono aumentare il livello d'inquinamento.

Nei sistemi di fognatura "separata", che possiedono due collettori per separare le acque reflue provenienti dagli scarichi da quelle meteoriche, le particelle depositate nei condotti appartengono agli eventi precedenti. Nei sistemi di fognatura "unitari" invece, che sono costituiti solamente da un collettore comune tra le acque di scarico e quelle meteoriche, vengono ripescati anche sedimenti di natura organica accumulati in tempo asciutto.<sup>6</sup> Ma visto che in questo progetto di ricerca non abbiamo tra gli obiettivi la fase di trattamento per un eventuale riciclo delle acque reflue meteoriche, non entreremo nei dettagli per individuare e rappresentare le tipologie delle sostanze inquinanti presenti nelle acque reflue soprattutto di prima pioggia.

## **2.4 LA SINTESI DELLE NORMATIVE PER IL CONTROLLO DELLE ACQUE METEORICHE**

Legge Merli: è la prima normativa che si occupa specificatamente del controllo quantitativo delle acque di scarico.<sup>7</sup> Questa normativa stabilisce i valori limiti delle concentrazioni allo scarico, senza però, entrare nel merito del controllo delle acque meteoriche. Ma più avanti il decreto legislativo n° 152/1999, insieme all'aggiornamento della legge Merli rappresentata nel testo unico, chiamato "Testo unico in materia di acque", per la prima volta da anche indicazioni per affrontare gli aspetti connessi all'inquinamento originato dalle acque meteoriche provenienti dalle superfici nei contesti urbani.<sup>8</sup> (La norma n° 152 viene compiuta dalla regione Emilia - Romagna attraverso la delibera della giunta regionale n° 286 come "Direttiva concernente la gestione delle acque di prima pioggia e il lavaggio da aree esterne", nel 14 febbraio 2005). Alla luce di questa norma e della delibera regionale, "il piano di tutela ambientale (P.T.A)", è stato adottato con deliberazione del consiglio regionale n° 633 del 22 dicembre 2004 e viene approvato definitivamente un anno dopo nel 21 dicembre 2005.

### **2.4.1 P.T.A (piano tutela ambientale)**

Il P.T.A, ovvero il piano tutela ambientale, è un strumento che individua il carico inquinante delle acque meteoriche, specificatamente quelle di prima pioggia, provenienti dalle superfici orizzontali tra cui le coperture degli edifici, strade, parcheggi, ecc. Inoltre disciplina gli standard di qualità ambientale per tali acque. Questo piano, tramite le misure obbligatorie stabilisce gli obiettivi da raggiungere, tra cui ridurre il carico delle acque reflue di prima pioggia destinate alla rete

---

<sup>6</sup>S.TODESCHINI, 2008

<sup>7</sup>legge ordinaria del parlamento, n° 319, "norme per la tutela delle acque dall'inquinamento", del 10 maggio 1976

<sup>8</sup>Questa legge viene dopo nel 3 aprile 2006, sostituita dall'art. 113, sotto il nome "Norma in materia ambientale"

## 2. Le gestioni delle acque reflue meteoriche: lo stato dell'arte delle modalità in uso

fognaria nei contesti urbani che superino 20000 ab (abitanti equivalenti) <sup>9</sup>, del 25% al 2008 e del 50% nel 2016.<sup>10</sup>

Praticamente il P.T.A definisce sotto molti aspetti il controllo qualitativo e quantitativo delle acque reflue meteoriche destinate alla rete fognaria, e le definizioni delle modalità di gestione di queste acque. I contenuti principali che formano la struttura di questo strumento possono essere rappresentati in otto parti: <sup>11</sup>

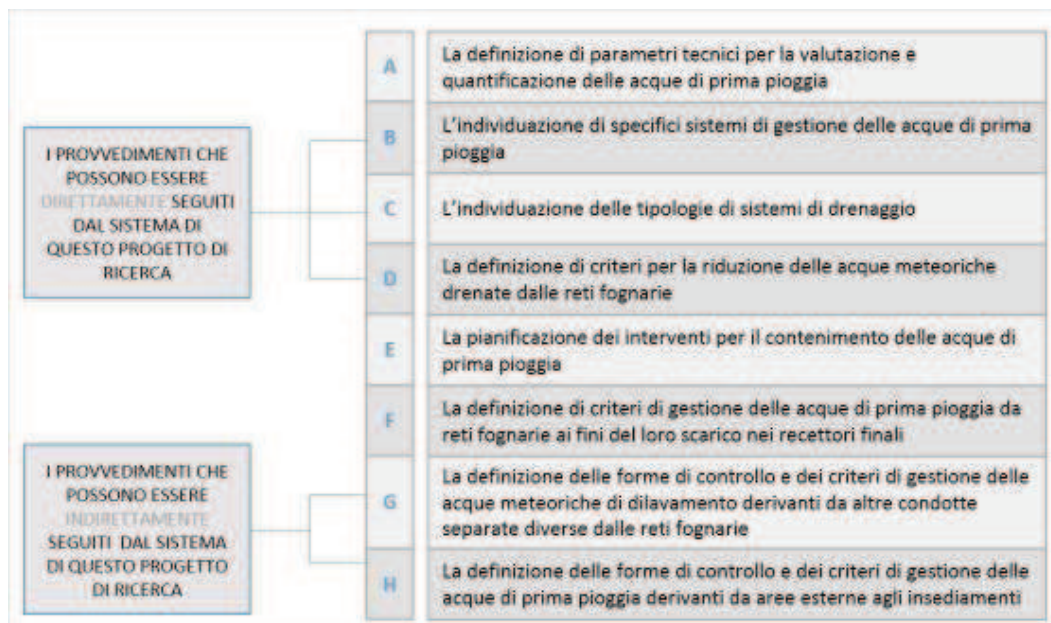


Fig.04  
I componenti strutturali del P.T.A  
Fonte: MAURA MASSARENTI, 2010

### 2.4.2 la modalità di collaborazione del sistema risultante da questo progetto con i criteri stabiliti dalla P.T.A

Dopo aver citato in maniera sintetica i criteri stabiliti dalla legge attraverso il "piano tutela ambientale" riguardo alla gestione delle acque reflue meteoriche, soprattutto quelle di prima pioggia, bisogna definire in che modo l'idea di questo progetto di ricerca possa essere utile per realizzare questi principi (un sistema di drenaggio dell'acqua meteorica sulle superfici verticali dell'edificio attraverso un sistema modulare per le facciate edilizie). Per rispondere a questa domanda bisogna individuare prima, la parte o le parti relative agli obiettivi di questo progetto che possono comprendere i principi del P.T.A rappresentati nella Fig. 4. Questo perché un sistema di drenaggio del genere non gestisce tutto il carico di deflusso delle acque reflue meteoriche provenienti da tutte le superfici impermeabili della zona, urbana o industriale, ma solamente sulla parte proveniente dalle coperture degli edifici del contesto.

<sup>9</sup> Abitante Equivalente: esprime il carico inquinante di un impianto di depurazione a servizio di una particolare utenza civile o industriale, facendo riferimento in termini omogenei e confrontabili a quello di utenze esclusivamente civili. (Fonte: GUISEPPE LUIGI CIRELLI, *I trattamenti naturali delle acque reflue urbane*, ESSELIBRI S.P.A, NAPOLI, 2003)

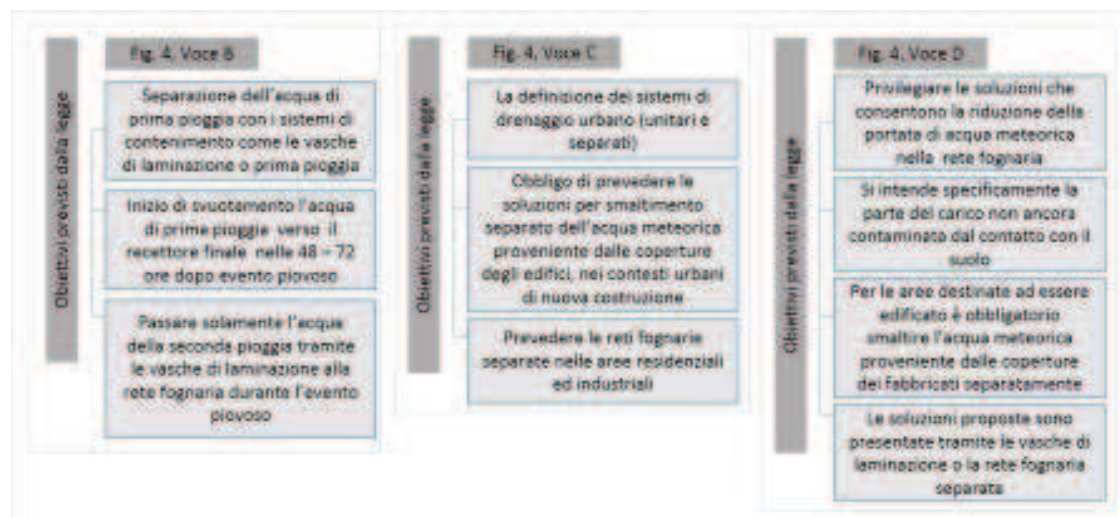
<sup>10</sup> D.G.R. n° 286, "Direttiva concernente la gestione delle acque di prima pioggia e il lavaggio da aree esterne", Art. 39 del D.Lgs. 11 Maggio 1999 n° 152 come sostituito dall'art. 113 del D.Lgs. 3 Aprile 2006, n° 152, "Norma in materia ambientale"

<sup>11</sup> MAURA MASSARENTI, 2010

## 2. Le gestioni delle acque reflue meteoriche: lo stato dell'arte delle modalità in uso

Focalizzandoci sugli approfondimenti rappresentati in quella figura, si potrebbe descrivere un rapporto di natura collaborativa tra gli obiettivi di questo progetto e quelli previsti dal P.T.A, trovando una corrispondenza per 5 voci su un totale di 8. Un eventuale sistema di drenaggio sulla superficie verticale degli edifici (le facciate) può avere una ricaduta positiva sugli obiettivi rappresentati con le voci B, C e D, in maniera diretta e influenzare indirettamente la realizzazione dei provvedimenti previsti dal P.T.A nelle voci G e H. Per chiarire meglio queste modalità di collaborazione possiamo approfondire gli obiettivi di questo piano in maniera sintetica tramite i seguenti schemi : <sup>12</sup>

Fig.05 argomenti approfonditi nelle voci del P.T.A relativi a questo progetto di ricerca.



Inoltre nelle voci di G e H della Fig. 4, in cui si stabiliscono i provvedimenti sempre riguardo alla separazione del carico dell'acqua meteorica proveniente dai diversi condotti della rete fognaria del contesto (come le autostrade nel perimetro della zona, ecc.), il nostro sistema potrebbe favorire indirettamente un miglior funzionamento delle soluzioni impiegate a tale scopo. Una riduzione totale del deflusso finale destinato alle reti fognarie, aiuterebbe comunque ad evitare un eventuale sovraccarico della rete principale, già impegnata a smaltire il carico proveniente dalle superfici impermeabili situati fuori dalla zona.

### 2.5 LE SOLUZIONI IMPIEGATE NELLA GESTIONE DELLE ACQUE REFLUE METEORICHE

L'approccio tradizionale al drenaggio urbano è costituito dalla raccolta di tutti i deflussi meteorici dalle superfici impermeabili tramite i sistemi così detti "sistemi di drenaggio urbano". Oggi si tende più ad utilizzare questo termine che la tradizionale parola "Fognatura". Questo forse perché si vorrebbero sottolineare i cambiamenti effettuati negli ultimi anni per favorire uno smaltimento più sostenibile per tutelare l'ambiente contro l'inquinamento causato dall'industrializzazione. La gestione delle acque reflue meteoriche e le soluzioni attualmente applicate, sono tutte derivate dal processo di drenaggio tramite i sistemi previsti per questo scopo. Questi sistemi possono avere vari obiettivi finali, da un semplice smaltimento con un processo di contenimento e trattamento ad un ciclo completo di stoccaggio, depurazione e riciclaggio. Un sistema di drenaggio urbano, normalmente, è costituito da <sup>13</sup>:

<sup>12</sup> MAURA MASSARENTI, 2010

<sup>13</sup> S.ARTINA/G.LALOGGIA/S.PAPIRI, 1997

## 2. Le gestioni delle acque reflue meteoriche: lo stato dell'arte delle modalità in uso

- Il sistema di raccolta delle acque reflue e meteoriche nei collettori stradali
- La rete di collegamento
- Gli eventuali manufatti di gestione sostenibile come le vasche di laminazione o la prima pioggia
- Gli impianti di sollevamento
- I componenti per lo scarico
- Un eventuale impianto per la depurazione e il trattamento finale

L'obiettivo principale di questo capitolo è dimostrare l'utilità di sfruttamento delle facciate dei fabbricati di un contesto edificato (residenziale o industriale), nel processo di drenaggio delle acque reflue meteoriche provenienti dalle coperture degli edifici. La strategia da seguire sarebbe individuare un parametro comune tra tutte le attuali soluzioni e i sistemi utilizzati per il drenaggio di queste acque, che limita la loro applicazione. Per poter trovare questo parametro bisogna confrontare, dal punto di vista funzionale, queste soluzioni. Per evitare di uscire dal nostro campo d'interesse in questa ricerca, non scenderemo nei dettagli tecnici degli attuali sistemi e adotteremo un linguaggio chiaro e sintetico.

Per prima cosa chiariremo le due le modalità principali di trasmissione dell'acqua meteorica proveniente dalle coperture degli edifici ai collettori finali della fognatura, ovvero l'ultimo punto di raccolta di un sistema di drenaggio:<sup>14</sup>

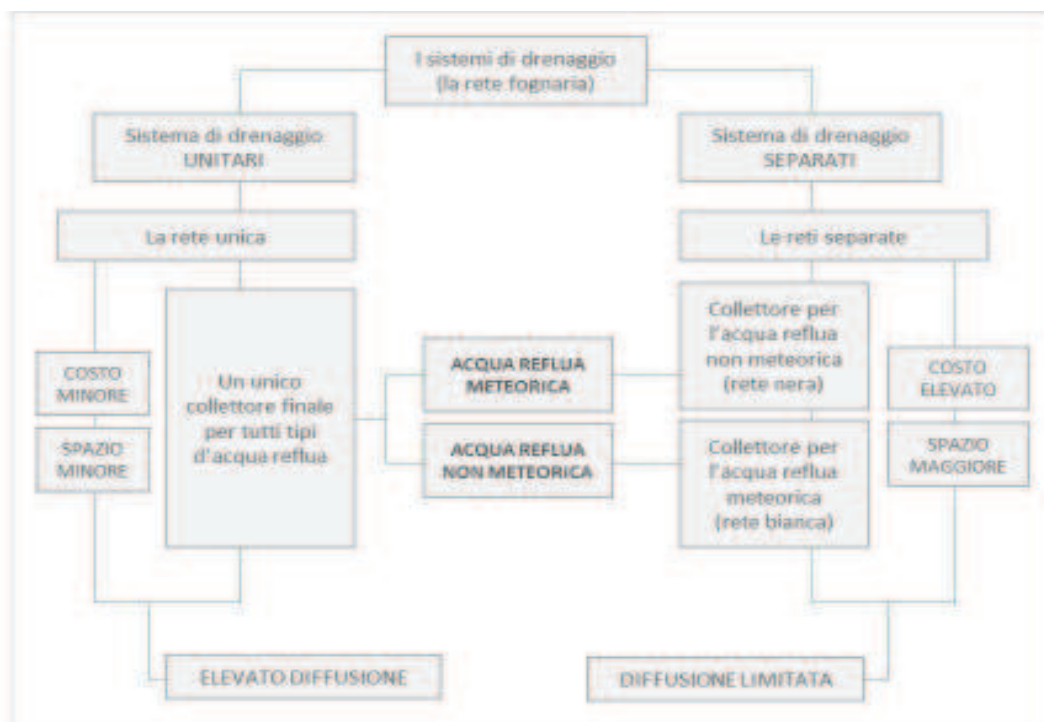


Fig.06  
Le categorie principali delle reti di fognatura  
Fonte:  
GIUSEPPE  
LUIGI CIRELLI,  
2003

È evidente che l'applicazione di una rete fognaria o sistema di drenaggio "separato", sarà senz'altro un approccio più sostenibile dal punto di vista d'inquinamento ambientale. Tuttavia a questi sistemi principali in una zona edificata si possono aggiungere delle soluzioni secondarie che aumentano il rendimento e migliorano l'aspetto funzionale del processo dello smaltimento delle acque reflue meteoriche. Queste soluzioni, che tengono conto anche della

<sup>14</sup>GIUSEPPE LUIGI CIRELLI, 2003



## 2. Le gestioni delle acque reflue meteoriche: lo stato dell'arte delle modalità in uso

sostenibilità ambientale possono essere rappresentate con le seguenti Figure (da Fig. 07 a Fig. 12): <sup>15</sup>

Fig.07  
Le varietà delle strategie impiegate per migliorare il processo di drenaggio delle acque meteoriche.



<sup>15</sup>- D.G.R n°. 1860. "linee guida d'indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di prima pioggia" (giunta regionale n°. 286 del 14 Febbraio 2005, regione Emilia – Romagna)

- S.ARTINA/G.LALOGGIA/S.PAPIRI, 1997

- E.OLIVIERI, 2000

- C.CIAPONI/S.PAPIRI, 2005

- MAURA MASSARENTI, 2010

- "linee guida per la gestione sostenibile delle acque meteoriche", Agenzia provinciale per l'ambiente, Bolzano, 2008

- DANIELE POLI, 2008



Fig. 09

Gli approfondimenti sulla strategia di "infiltrazione con i sistemi d'infiltrazione superficiale".

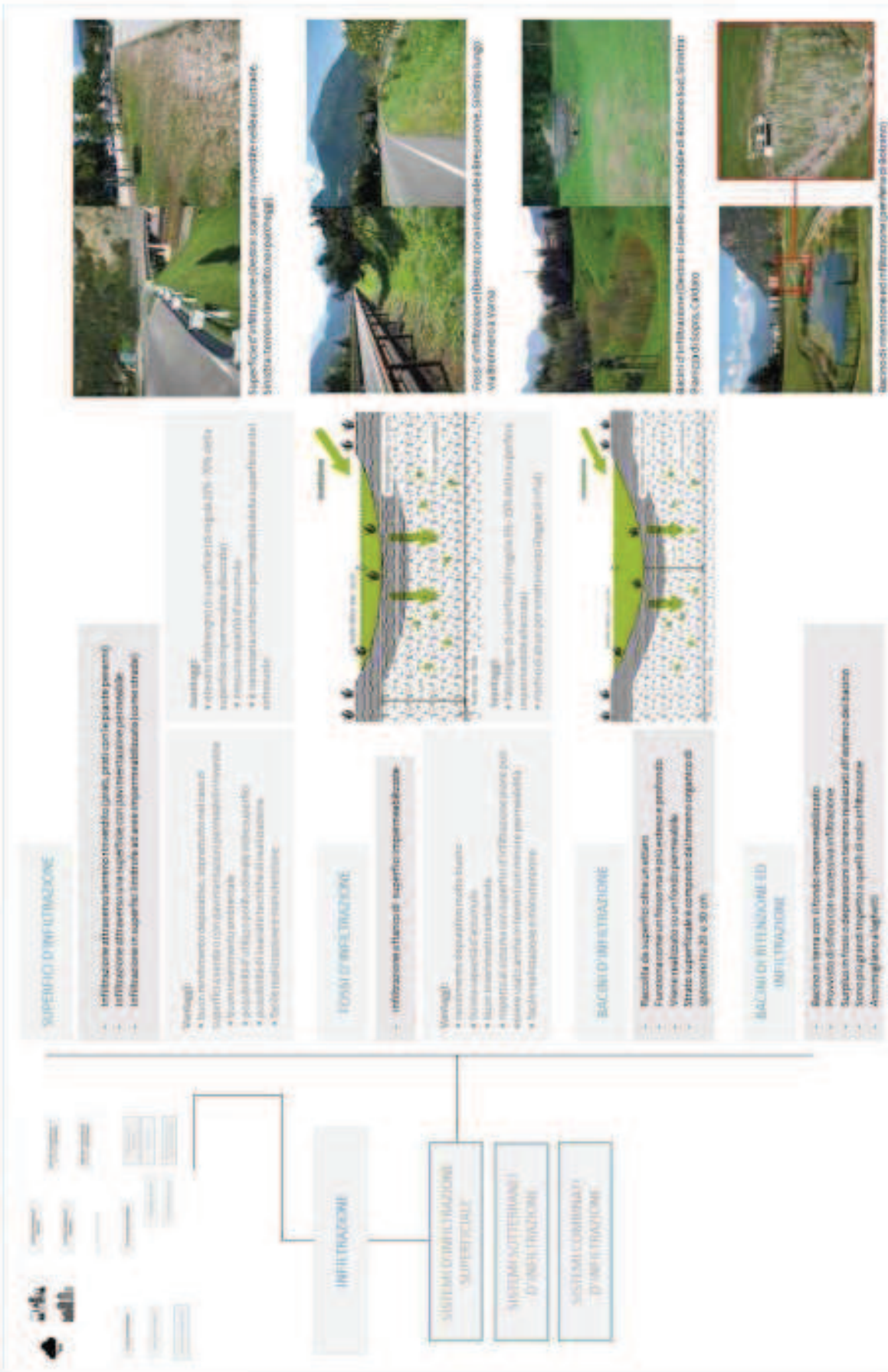






Fig.10  
Gli approfondimenti sulla strategia di "infiltrazione con sistemi d'infiltrazione sotterranei e combinati".

Fig. 11

Gli approfondimenti sulla strategia di "corpo idrico separato" e le tipologie delle vasche di laminazione.

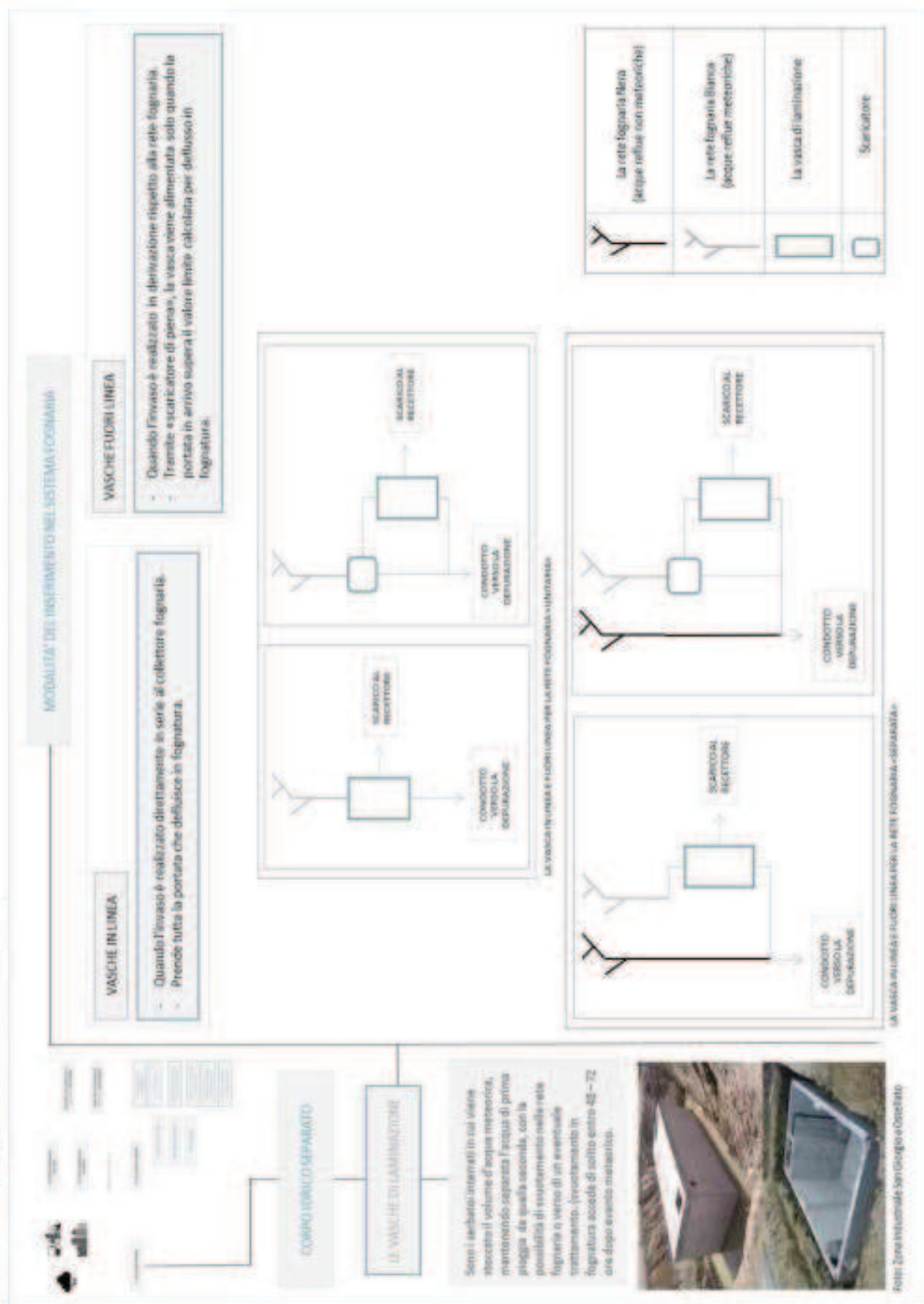


Foto: Zona Industriale San Giorgio e Dorciato

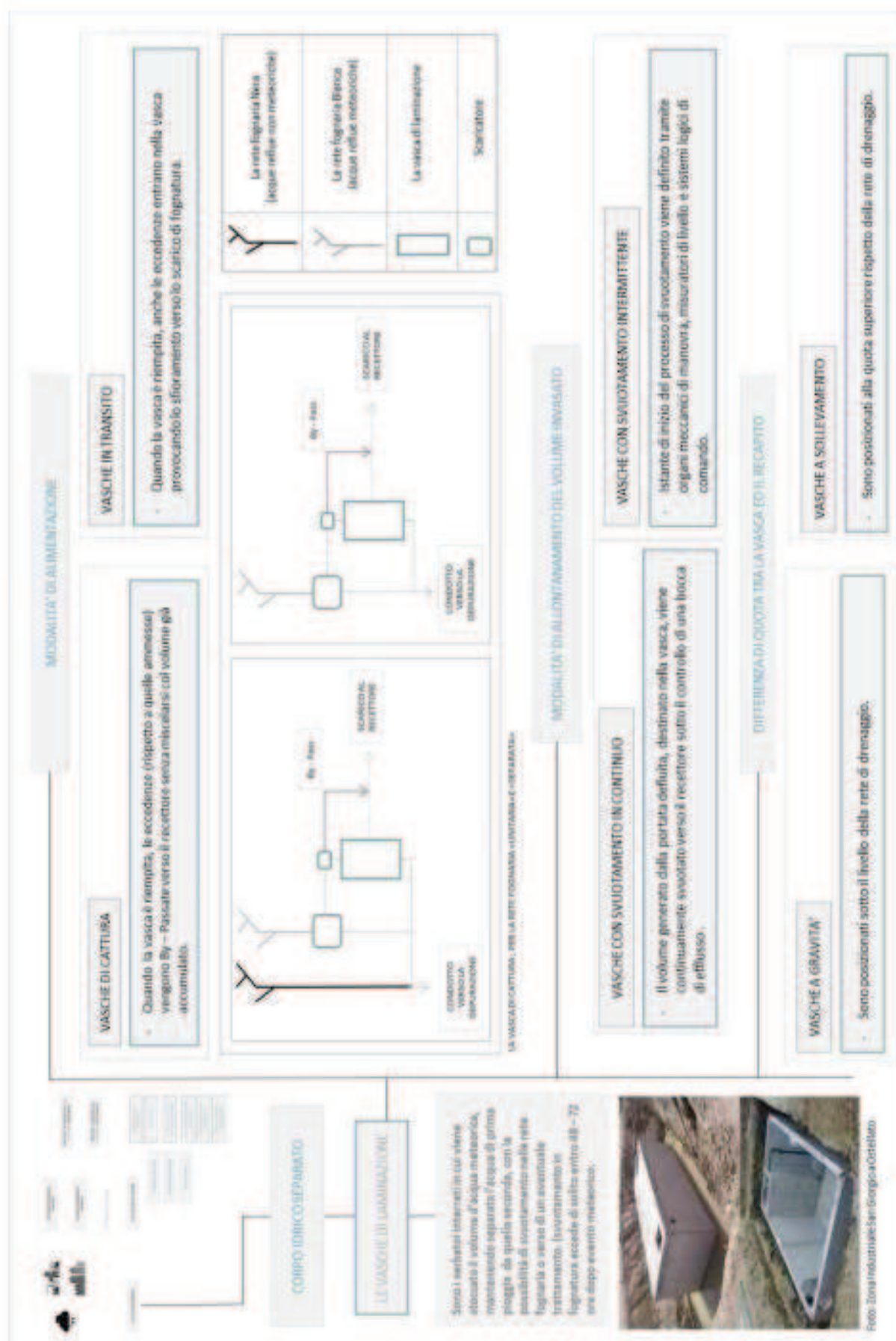


Fig. 1.2. Gli approfondimenti sulla strategia di "corpo idrico separato" e le tipologie delle vasche di laminazione.

## 2.6 LA CONCLUSIONE DEL CAPITOLO

I sistemi analizzati in questo capitolo, come è stato precisato nel capitolo precedente <sup>16</sup>, seguono la stessa linea delle analisi necessarie che fanno parte della metodologia scelta in questo progetto di ricerca. Nel capitolo d'introduzione <sup>17</sup> abbiamo spiegato che:

*“La seconda fase della metodologia comprende l'analisi dello stato di arte dei sistemi che raccolgono l'acqua piovana quando cade sull'edificio e quelli che la smaltiscono quando raggiunge il suolo. Si cerca di scoprire i vantaggi e gli svantaggi, problemi causati dalla scarsità del loro rendimento e i punti su cui si potrebbe lavorare per migliorarlo.”*

Ora ed alla fine di questo capitolo abbiamo le idee più chiare sulle varie modalità utilizzate nel settore di smaltimento delle acque reflue ed insieme ai risultati ottenuti nel 1° capitolo, possiamo procedere meglio per rispondere alla domanda di base di questa ricerca. La stessa domanda che è stata formulata nella conclusione del capitolo precedente:

*“ sarebbe ragionevole cambiare il campo d'azione di un sistema di drenaggio da un attuale superficie orizzontale ad un eventuale superficie verticale? e se la risposta è positiva, quali saranno le modalità di funzionamento, i vantaggi e i limiti? “*

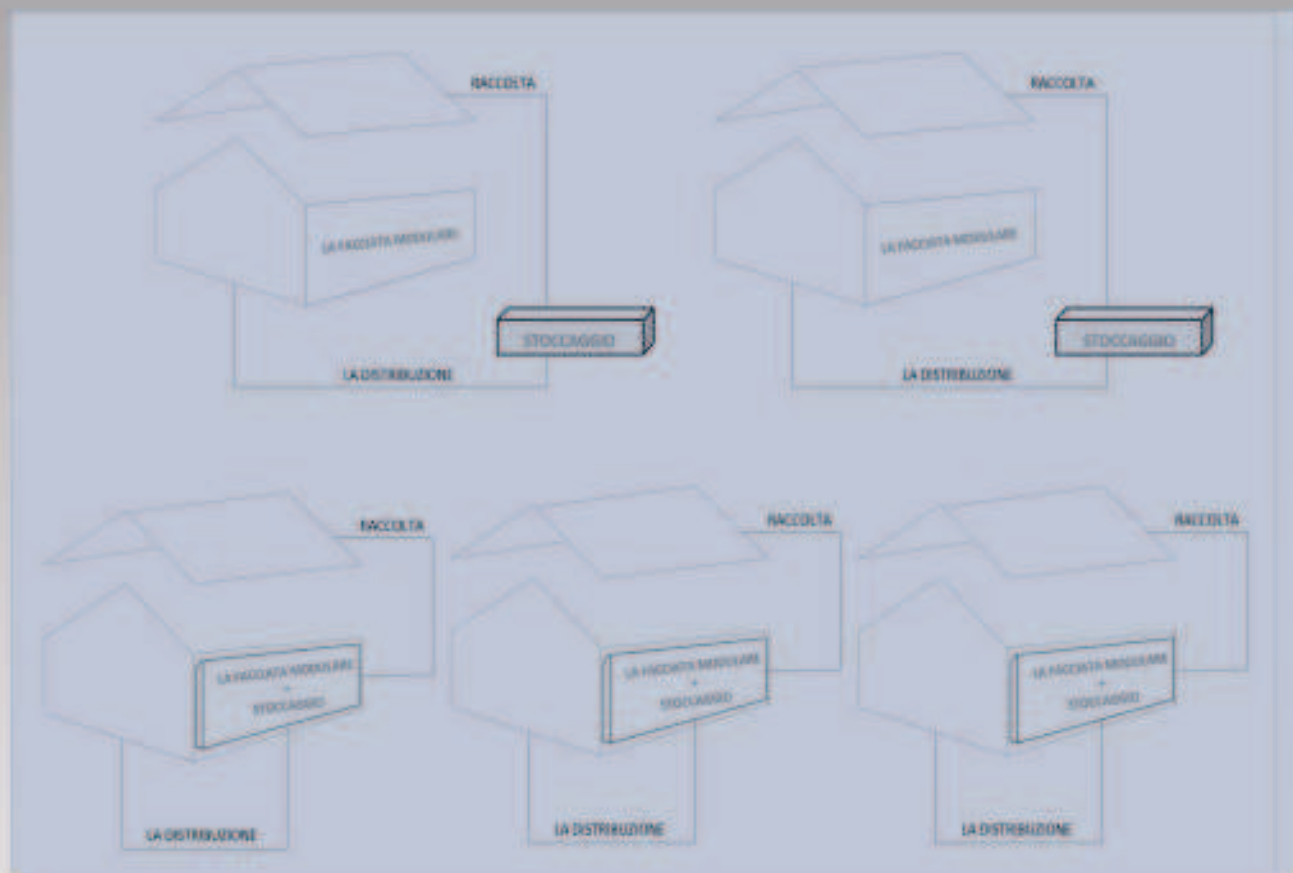
Nel prossimo capitolo cercheremo di verificare lo stato di fattibilità di questa ipotesi e cercare di trovare il modo migliore di realizzarla in un modo ragionevole e scientificamente approvabile.

---

<sup>16</sup>Vedi: paragrafo 1.11 del presente lavoro, p. 24

<sup>17</sup>Vedi: il paragrafo di Metodologia del presente lavoro, p. 3





### 3 DICHIARAZIONE DELLA RICERCA: L'IPOTESI DI MODIFICARE IL CAMPO D'AZIONE NELLA MODALITA' DI FUNZIONAMENTO DEI SISTEMI DI DRENAGGIO

### 3. Dichiarazione delle ricerca: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

---

Immagine: recupero dello spazio sulla superficie orizzontale coinvolgendo la superficie verticale nel processo d'immagazzinaggio dell'acqua piovana sugli edifici. (pag. 53 del presente documento)

### 3. Dichiarazione delle ricerche: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

#### LAYOUT DEL CAPITOLO



### 3.1 LA SUPERFICIE ORIZZONTALE: IL FATTORE COMUNE TRA TUTTI SISTEMI DI DRENAGGIO URBANO

Abbiamo visto nei precedenti capitoli che i sistemi relativi al concetto di acqua meteorica possono dividersi in due categorie principali: i sistemi per la raccolta e riutilizzo oppure quelli per lo smaltimento e il drenaggio. Inoltre abbiamo visto che nel concetto di smaltimento, le soluzioni che agiscono con il principio di stoccaggio, come le vasche di laminazione, possono anche offrire la possibilità di riutilizzare l'acqua meteorica stoccata.

Ma per tutte le soluzioni impiegate per soddisfare gli obiettivi di queste due categorie, esiste un fattore di base e un elemento comune tra loro con un ruolo essenziale nel processo di funzionamento. Questo fattore è la superficie orizzontale, ovvero lo spazio disponibile sul suolo del contesto, che serve per l'applicazione di tali sistemi.

Questa realtà sembra talmente ovvia che è sempre data per scontato, nel senso che per risolvere la questione di drenaggio delle acque reflue meteoriche in qualsiasi contesto edificato, prima di tutto si deve trovare un spazio disponibile sulla superficie orizzontale per poi procedere con l'applicazione di qualsiasi tipo di

### 3. Dichiarazione delle ricerche: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

soluzione per il processo di drenaggio. Nei contesti industriali o urbani a bassa intensità, dedicare questo spazio di solito non sarà problematico, mentre ci si trova in difficoltà quando si tratta di realizzare un sistema di drenaggio efficiente nei contesti altamente edificati per la scarsità o la mancanza totale di questo parametro fondamentale. Nelle linee guida per la gestione delle acque reflue meteoriche e quelle di prima pioggia in attuazione della delibera della giunta regionale n° 286 del 14 Febbraio 2005 della regione Emilia – Romagna si definiscono, prima di descrivere i sistemi più complessi, alcuni provvedimenti che possono influenzare positivamente sul dimensionamento delle reti di drenaggio urbano:

- La limitazione del grado d'impermeabilizzazione dei suoli,
- Le scelte oculate dei percorsi dei deflussi superficiali del sottosuolo,
- La realizzazione degli invasi diffusi sui tetti, parcheggi, cunette stradali, ecc.
- L'adozione di pavimentazioni porose, fino a giungere alla realizzazione della così dette "reti duali", cioè affiancare alla tradizionale rete sotterranea, una seconda rete di deflusso superficiale realizzata sulla geometria stradale per gli eventi particolarmente gravosi e rari.

Come si vede, avere a disposizione la superficie orizzontale per realizzare ognuna di queste soluzioni, rimane sempre il fattore fondamentale.

### 3.2 LO SPAZIO DISPONIBILE SULLA SUPERFICIE ORIZZONTALE: IL PUNTO CRITICO DEGLI ATTUALI SISTEMI NEI CONTESTI ALTAMENTE EDIFICATI

La Fig. 01 che riassume le soluzioni già dimostrate riguardo ai sistemi di drenaggio urbano<sup>1</sup> sottolinea l'importanza dell'elemento suolo nei confronti di queste soluzioni:

Fig.01  
Il ruolo fondamentale dello spazio sulla superficie orizzontale per tutti i processi legati a gestire l'acqua meteorica.



<sup>1</sup>CAPITOLO PRIMO, *Impatto delle acque meteoriche nel confronto degli edifici: il sistema della raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana*, Fig. 14, Pag. 13

CAPITOLO SECONDO, *La gestione delle acque reflue: lo stato dell'arte delle modalità in uso*, Fig. 7-12, Pag. 9-14



### 3. Dichiarazione delle ricerca: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

---

lo spazio disponibile sul suolo, oltre essere un elemento necessario comune, può anche presentarsi come un limite. Infatti la domanda esposta nella conclusione del 1° capitolo che rappresenta l'ipotesi di questa ricerca, è basata sull'idea di trovare una soluzione che ci permetterebbe di superare questo limite.

La soluzione proposta da questa ricerca si basa sul concetto di rallentare il deflusso proveniente dalla copertura dell'edificio e destinato alla rete fognaria. Per realizzare questa idea avremmo ovviamente bisogno di uno spazio sostitutivo. Uno spazio dedicato a un sistema capace di creare questo rallentamento con l'obiettivo di guadagnare tempo a favore della rete di drenaggio, riducendo la probabilità di formare il sovraccarico ed un eventuale allagamento; un fenomeno che accadrebbe, soprattutto, in caso di piogge brevi ed intense o così dette "Temporali".

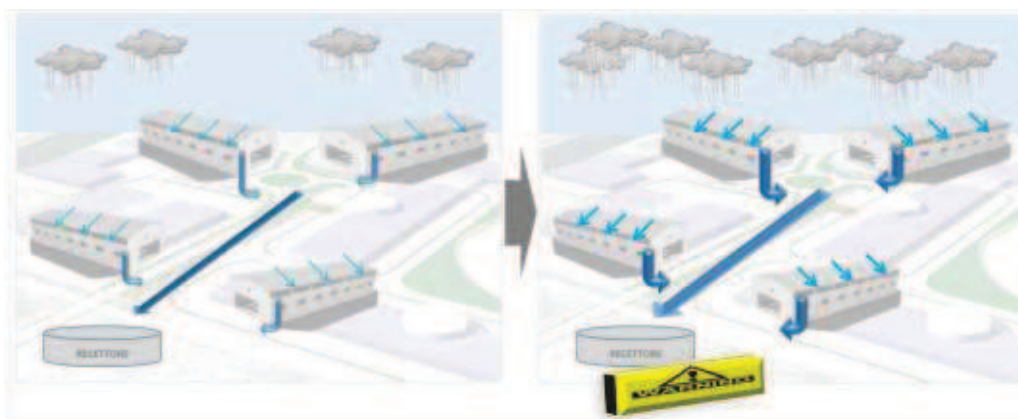


Fig.02  
Il ruolo delle piogge breve ed intense in un eventuale sovraccarico della rete di drenaggio delle acque meteoriche.

Per rallentare questo deflusso, logicamente, bisogna avere a disposizione un eventuale volume in cui stoccare l'acqua meteorica. Sempre nel 1° capitolo abbiamo visto che creare un volume significativo per un tale immagazzinaggio, sotto la funzione dei sistemi di raccolta dell'acqua piovana, necessita di uno spazio considerevole sulla superficie orizzontale. Nel 2° capitolo invece, è stato dimostrato che la stessa necessità del suolo vale anche per un processo efficace dello smaltimento di queste acque tramite i sistemi di drenaggio urbano.

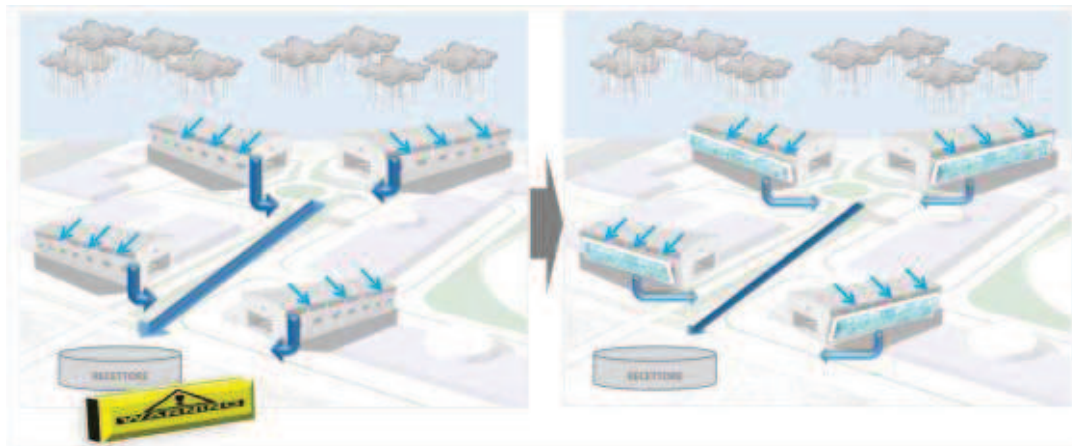
Detto ciò, possiamo dire che la soluzione ideata da questa ricerca, mentre comprenderà il principio di stoccaggio, offrirà un'alternativa al fattore del suolo, ovvero la superficie orizzontale.

### 3.3 GESTIRE L'ACQUA METEORICA SULLA SUPERFICIE VERTICALE: UNA POTENZIALITÀ TRASCURATA

A confronto della superficie orizzontale possiamo chiamare "la superficie verticale" lo spazio disponibile che esiste sulle pareti esterne degli edifici. Questa superficie, pur mantenendo la funzionalità e l'aspetto della facciata edilizia, potrebbe anche assumere un ruolo costruttivo per alleggerire il processo di drenaggio dell'acqua meteorica. Il ruolo consiste nel dare la capacità di trattenere, per un tempo limitato, il volume dell'acqua formato dal deflusso proveniente dalla copertura del proprio edificio. Questo vuol dire rallentare il processo di scarico dell'acqua meteorica nella rete fognaria della zona.

### 3. Dichiarazione delle ricerche: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

Fig.03  
La potenzialità delle superfici verticali degli edifici per trattenere le acque meteoriche destinate alle rete di drenaggio della zona per alleggerire il deflusso.



Questo rallentamento comporterebbe dei benefici: quello più importante, sarebbe influenzare positivamente il processo di scarico dell'acqua meteorica nella rete fognaria, riducendo le portate ed allungando i tempi di scarico. Allungare il tempo in cui l'acqua piovana, proveniente dalla copertura degli edifici arriva nei condotti della rete di drenaggio/fognaria della zona, è equivalente ad un abbassamento dell'intensità della pioggia. In altre parole, quando l'intensità di un breve evento meteorico è alta, la rete di drenaggio farà più fatica ad ospitare il volume di acqua che deve smaltire. In questo caso, di solito, l'equilibrio tra la quantità dell'acqua che entra e quella che esce verrà disarmonizzato, ciò avrà una ricaduta negativa su un processo efficace di smaltimento.

Rallentare questo deflusso su queste pareti sicuramente richiede un sistema ben studiato che consideri tutti i limiti e le complicazioni. Per esempio, la presenza degli infissi e le aperture o il peso e la pressione causati dal volume trattenuto dell'acqua sulla superficie verticale dell'edificio sono tra i limiti maggiori, mentre la complicazione principale della progettazione di un sistema del genere, si presenta nel fatto di dover creare una nuova funzione per la facciata edilizia senza interferire sulle sue funzionalità estetiche – morfologiche di origine. Per affrontare questo, è necessario studiare le varie soluzioni sulla facciata edilizia per individuare la miglior tipologia che possa accettare una nuova funzione senza perdere le altre, modificando il meno possibile dal punto di vista strutturale.

#### 3.4 LA PARETE DRENANTE: SFRUTTARE LA FACCIATA EDILIZIA COME CAMPO D'AZIONE

Se consideriamo le pareti esterne degli edifici come i campi d'azione che vogliono partecipare al processo di smaltimento delle acque meteoriche, il canale pluviale dell'edificio può essere un esempio con cui si dimostra il concetto generale dell'idea di questo progetto. Questo canale è l'unico volume sulla facciata edilizia che fa parte del processo di smaltimento. In realtà è l'unica strada da percorrere per il deflusso proveniente dalla copertura che va a finire nella rete di drenaggio. Ovviamente questo volume, essendo semplicemente un collegamento tra il tetto e il suolo, è talmente minuscolo che non può essere considerato come un contenitore. Ma se lo stesso canale pluviale venisse diffuso sulla facciata edilizia, questo volume aumenterebbe in modo tangibile e la quantità di acqua che la contiene diventerebbe considerevole. Il fatto è che tener occupata una parte notevole di deflusso sulle superfici verticali di un contesto edificato, toglierebbe un peso dalla rete di drenaggio della zona anche se fosse per un tempo limitato.

Le Fig 4 e 5, in un linguaggio semplice, dimostrano cosa può cambiare per un eventuale allungamento della strada percorsa dal deflusso dell'acqua piovana

3. Dichiarazione delle ricerche: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

oppure un aumento numerico di questi canali. Lo stesso concetto dimostrato da queste figure, verrà rispettato per realizzare un sistema della facciata edilizia che partecipi al processo dello smaltimento delle acque meteoriche.

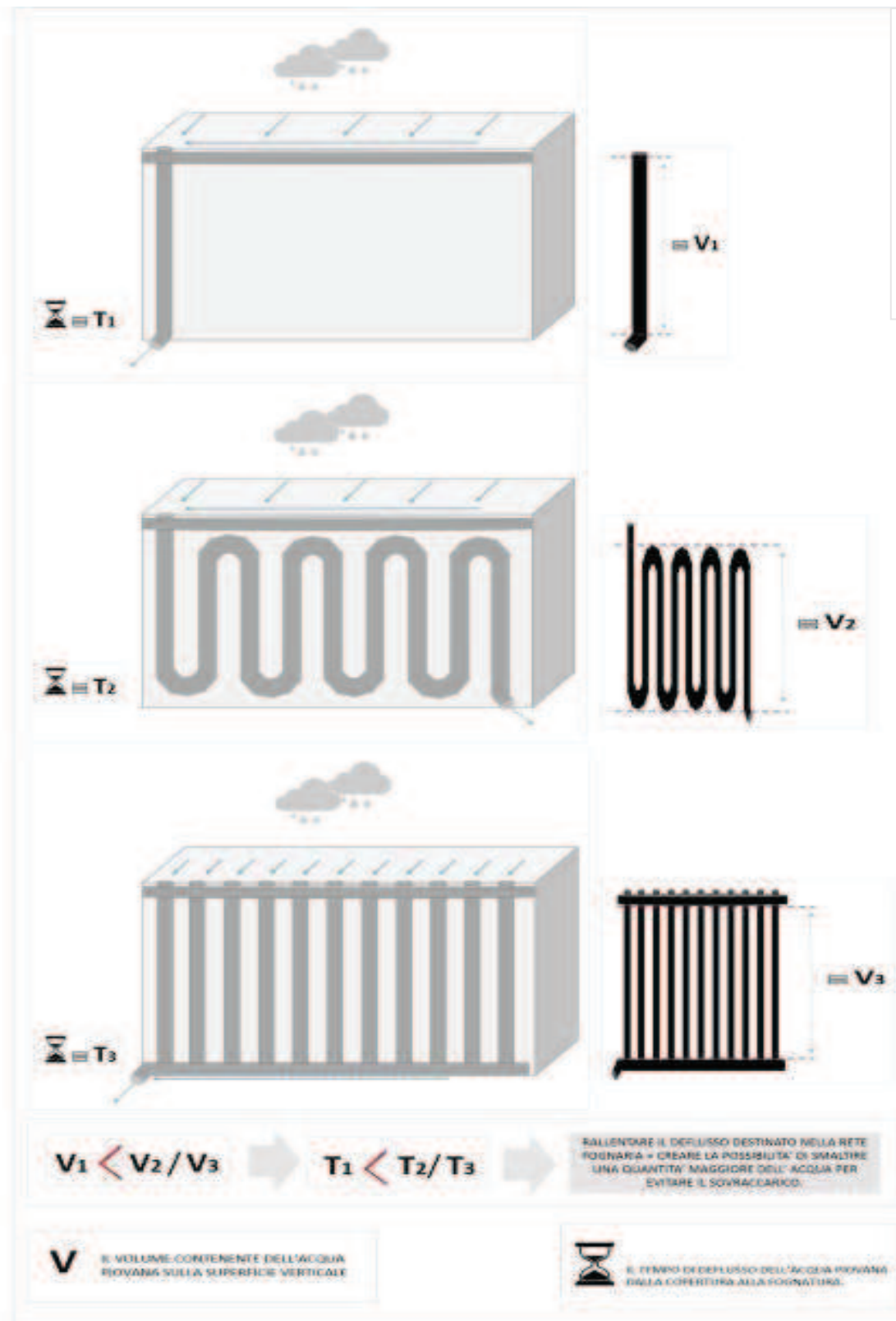
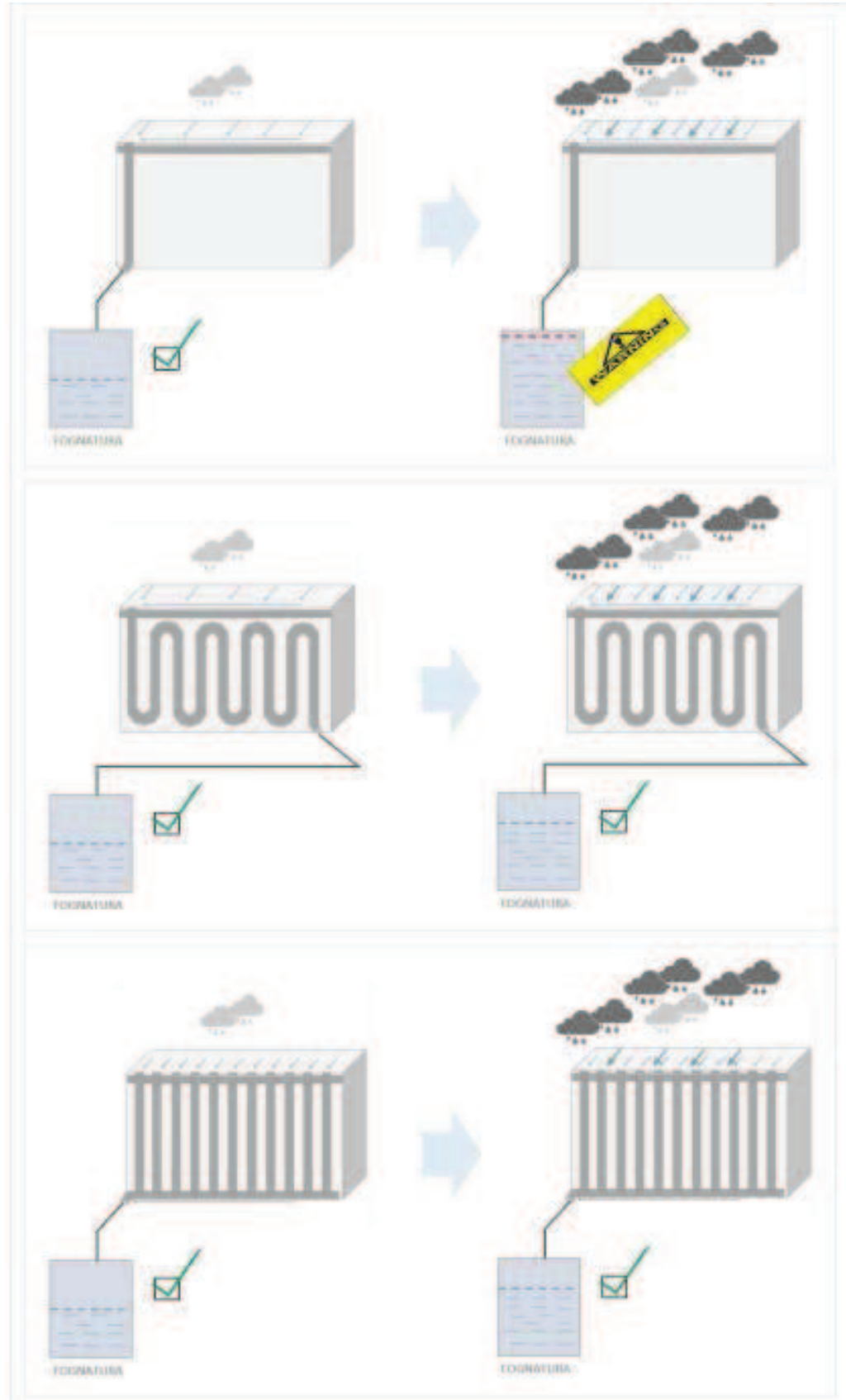


Fig.04 Una piccola dimostrazione dell'efficienza dell'idea di questo progetto, considerando come un esempio il canale pluviale dell'edificio.

### 3. Dichiarazione delle ricerche: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

Fig.05  
Una piccola dimostrazione dell'efficienza dell'idea di questo progetto, considerando come un esempio il canale pluviale dell'edificio.



### 3. Dichiarazione delle ricerche: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

---

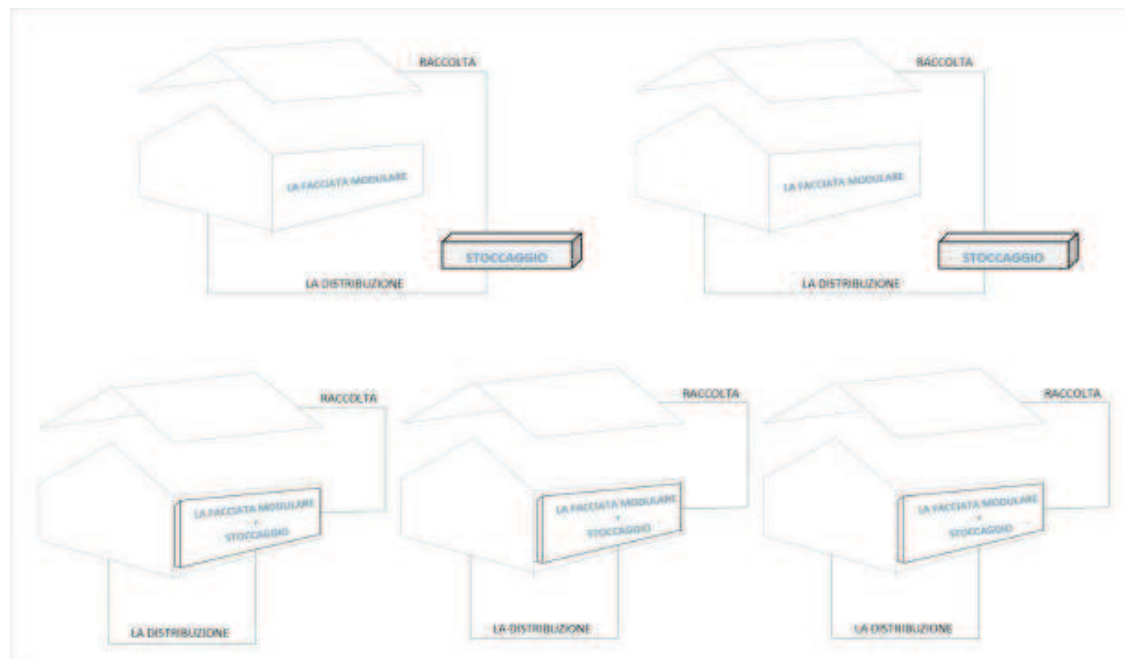
In una zona urbana o industriale le superfici verticali ospitano le varie tipologie di facciate edilizie. Questo fatto permette al sistema di questo progetto di avere la possibilità di diffondersi nella zona ed allargare il campo d'azione.

Tra le soluzioni e i sistemi dimostrati nei capitoli precedenti, abbiamo visto che nei contesti edificati ad alto livello d'impermeabilità superficiale o chiusura del suolo, le due strategie di "corpo idrico separato" e "contenere i deflussi" sono tra quelli consigliati. Lo stesso concetto sarà seguito anche dall'idea di questo progetto e dal sistema derivato; una dimostrazione dell'omogeneità, dal punto di vista funzionale, tra il nostro sistema e quelli già esistenti: per realizzare l'idea di questo progetto si deve creare un volume esteso sull'involucro edilizio che faccia parte della facciata del fabbricato mantenendo le stesse funzioni. Un volume del genere è un "corpo idrico separato" dalla rete fognaria per "contenere i deflussi" provenienti dalla copertura degli edifici. Anche nelle linee guida, indicate nel paragrafo 3.1, possiamo individuare, tra i provvedimenti consigliati, il concetto di realizzazione degli invasi e le reti duali come due strategie che possono essere comprese nel sistema derivato da questa ricerca.

La pelle esterna di un edificio, ovvero la sua facciata, contribuisce su vari aspetti: dal semplice aspetto estetico a quello sostenibile che si può migliorare tramite la tecnologia della facciata integrata (come la facciata ventilata). Una facciata che partecipi anche nel processo di drenaggio sarebbe molto utile soprattutto perché sappiamo che nei contesti edificati ad alta densità, le abitazioni indipendenti con uno spazio esterno a disposizione, come un piccolo giardino oppure un cortile, sono inferiori rispetto ai palazzi condominiali. Usufruire della facciata edilizia come campo d'azione per un processo d'immagazzinaggio dell'acqua meteorica, sembra un'idea un po' azzardata se si pensasse ad avere direttamente un serbatoio sulla facciata. Ma quando si parla di modificare una tecnologia già esistente, come quella della facciata modulare e integrarla con un sistema di drenaggio dell'acqua meteorica, si aumenta la possibilità di renderla realizzabile. In realtà lo scopo di progettare un tipo di facciata integrata per l'edificio, che sarebbe anche capace di drenare e smaltire l'acqua meteorica, ci darebbe la possibilità di utilizzare e riciclare il volume dell'acqua drenata dal sistema della facciata, prima di condurla verso la rete fognaria. Anche se usufruire di questa possibilità non entra tra gli obiettivi di questo progetto di ricerca, indirettamente realizzerebbe l'idea di integrare il serbatoio di stoccaggio sulla superficie verticale e contribuirebbe a superare il limite di spazio riguardo all'installazione degli impianti dell'acqua piovana. Ovviamente con questa opzione si potrebbe diffondere l'uso di questi impianti tramite i sistemi per le facciate edilizie anche nei contesti edificati ad alta densità.

### 3. Dichiarazione delle ricerche: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

Fig.06  
L'integrazione del serbatoio di stoccaggio con un sistema modulare per la facciata aumenta la diffusione dei sistemi della raccolta dell'acqua piovana nei contesti altamenti edificati con poco spazio libero a disposizione.



Inoltre, la possibilità di riciclare l'acqua smaltita sulla facciata dell'edificio diventerà un beneficio collaterale offerto dal sistema principale, i costi della realizzazione saranno legati alle funzioni relative al sistema della facciata del fabbricato e non ad un sistema di raccolta dell'acqua piovana.

### 3.5 LA CONSERVAZIONE DELL'ACQUA METEORICA SULLA SUPERFICIE VERTICALE: GLI EVENTUALI PROBLEMI DA AFFRONTARE

La possibilità di conservare il volume dell'acqua piovana, smaltita dal sistema di questo progetto, è relazionata direttamente con il buon funzionamento dei componenti finali progettati per il sistema della facciata che formeranno il volume drenante. In altre parole, più l'ambiente volumetrico creato rimarrà sano, protetto e accogliente, più l'acqua raccolta dalla copertura del fabbricato che entra nel sistema scorrerà meglio tra i componenti e arriverà a destinazione meno inquinata. Si ricorda che dobbiamo considerare il fatto, che nel nostro progetto, l'acqua raccolta verrà trattenuta per più tempo possibile, agevolando la rete fognaria o i sistemi di smaltimento delle acque reflue meteoriche. Perciò, per progettare l'ambiente in cui l'acqua viene trattenuta bisogna considerare i fattori che danneggiano sia l'ambiente stesso che l'acqua trattenuta.

Come è stato detto nel capitolo d'introduzione, in questo progetto di ricerca, il riciclaggio dell'acqua piovana raccolta non sarà tra gli obiettivi finali ma va lasciata come un'opzione accessoria da poter sfruttare. Perciò, la destinazione dell'acqua raccolta varia tra la rete fognaria nel caso di smaltimento o un eventuale serbatoio nel caso di voler riciclare e riutilizzarla. Ma siccome il volume creato sulla facciata è formato da piccoli volumi sotto aspetto dei componenti finali, bisognerebbe individuare e affrontare i problemi che potrebbero causare il malfunzionamento di questi singoli elementi di drenaggio dal punto di vista dello scorrimento dell'acqua piovana che deve percorrere una strada dalla copertura dell'edificio al suolo. In questo caso per valorizzare anche l'opzione di riciclaggio dell'acqua raccolta e far arrivare al suolo l'acqua conservata per chi la volesse riutilizzare, possiamo già considerare i fattori sopra citati nella progettazione dei

### 3. Dichiarazione delle ricerca: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

---

nostri componenti finali della facciata e allo stesso tempo, prevedere gli eventuali problemi che in un ambiente del genere potrebbero crearsi, proponendo le soluzioni che vanno considerate più avanti nella fase del progettazione.

Intanto dobbiamo sapere che le condizioni ideali per la conservazione dell'acqua piovana raccolta, sono le stesse che vanno considerate per l'acqua in generale, cioè:<sup>2</sup>

- Accesso all'ossigeno
- Mantenere la temperatura fresca
- Proteggere dalla luce

L'ossigeno aiuta la diffusione dei batteri che decompongono e mineralizzano la sedimentazione sul fondo del serbatoio mantenendo l'acqua più pura. L'assenza di luce inoltre evita la formazione delle alghe.

Se dividiamo il processo completo nel nostro sistema in tre fasi di raccolta, trattenimento e scarico, alla luce delle considerazioni sopracitate, si possono individuare eventuali i problemi che ogni singolo componente durante il processo deve affrontare. E sempre analizzando queste discussioni, possiamo proporre delle soluzioni e valutare alla fine lo stato di importanza dei problemi individuati:(Fig. 07)

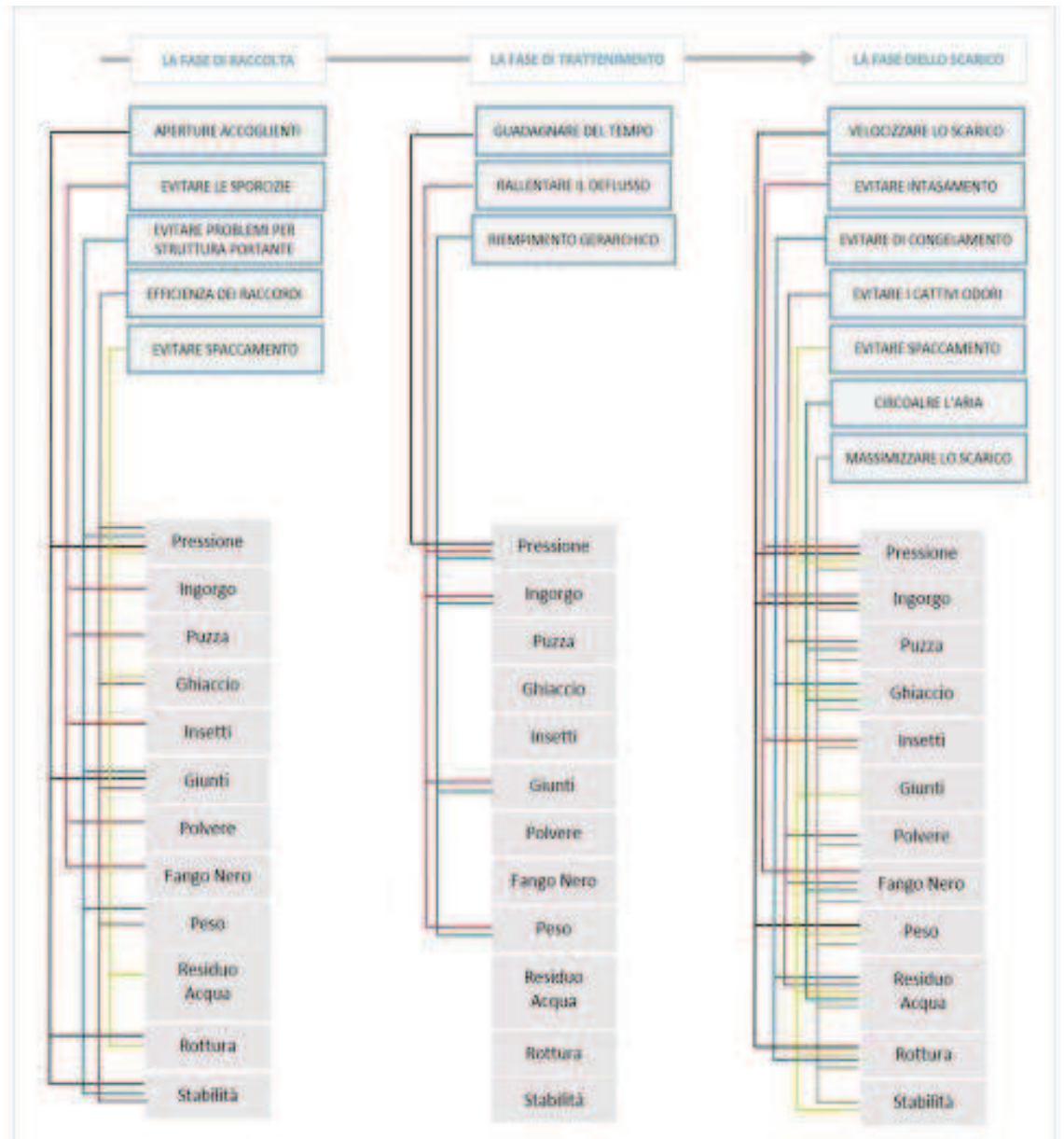
---

<sup>2</sup> PIERO COLAPRICO, *quattro cocce d'acqua piovana*, Milano, 2006



### 3. Dichiarazione delle ricerche: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

Fig.07  
Gli eventuali problemi generali d'affrontare per un processo di trattenerne l'acqua piovana tramite dei contenitori posizionati sulle facciate edilizie.



Possiamo interpretare questi relazioni in questo modo per poter valutare lo stato d'importanza dei problemi individuati:



3. Dichiarazione delle ricerca: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

LA FASE DI RACCOLTA				
PRESSIONE	Aperture accoglienti	Evitare problemi per struttura portante	Evitare spaccamenti	Efficienza dei raccordi
INGORGO	Evitare le sporcizie			
CATTIVI ODORI	Evitare le sporcizie			
GHIACCIO	Efficienza dei raccordi	Evitare spaccamento		
INSETTI	Evitare le sporcizie			
GIUNTI	Aperture accoglienti	Efficienza dei raccordi	Evitare problemi per la struttura portante	
POLVERE	Aperture accoglienti	Evitare le sporcizie		
FANGO NERO	Aperture accoglienti	Evitare le sporcizie		
PESO	Evitare problemi per struttura portante	Efficienza dei raccordi		
RESIDUO ACQUA	Evitare spaccamento			
ROTTURA	Evitare spaccamento	Materiale resistente		
STABILITA'	Aperture accoglienti	Evitare problemi per struttura portante	Efficienza dei raccordi	

LA FASE DELLO SCARICO				
PRESSIONE	Guadagnare del tempo	Rallentare il deflusso	Riempimento gerarchico	Guadagnare del tempo
INGORGO	Rallentare il deflusso	Riempimento gerarchico		Rallentare il deflusso
CATTIVI ODORI				
GHIACCIO				
INSETTI				
GIUNTI	Rallentare il deflusso	Riempimento gerarchico		Rallentare il deflusso
POLVERE				
FANGO NERO				
PESO	Rallentare il deflusso	Riempimento gerarchico		Rallentare il deflusso
RESIDUO ACQUA				
ROTTURA				
STABILITA'				

LA FASE DELLO SCARICO				
PRESSIONE	Velocizzare lo scarico	Evitare intasamenti	Evitare spaccamento	Massimizzare scarico
INGORGO	Velocizzare lo scarico	Evitare intasamenti	Massimizzare scarico	
CATTIVI ODORI	Evitare cattivi odori	Circolare l'aria	Massimizzare scarico	
GHIACCIO	Evitare congelamento	Evitare spaccamento	Massimizzare scarico	Circolare l'aria
INSETTI	Evitare intasamenti	Massimizzare scarico		
GIUNTI	Evitare spaccamento			
POLVERE	Evitare cattivi odori	Massimizzare scarico		
FANGO NERO	Evitare cattivi odori	Massimizzare scarico	Evitare spaccamento	Circolare l'aria
PESO	Velocizzare lo scarico	Massimizzare scarico	Evitare spaccamento	
RESIDUO ACQUA	Evitare congelamento	Massimizzare scarico	Evitare cattivi odori	Circolare l'aria
ROTTURA	Velocizzare lo scarico	Massimizzare scarico	Evitare spaccamento	Evitare congelamento
STABILITA'	Massimizzare scarico	Evitare spaccamento		



### 3. Dichiarazione delle ricerca: l'ipotesi di modificare il campo d'azione nella modalità di funzionamento dei sistemi di drenaggio

---

D'altra parte, si potrebbe già prevedere che nelle zone industriali questi sistemi saranno più efficienti rispetto ad un contesto urbano. Questo perché la tipologia dei fabbricati industriali, come per esempio i capannoni, richiede un numero inferiore di aperture rispetto alle facciate dei fabbricati in un contesto urbano. In questo modo avendo meno aperture sulle pareti esterne del edificio, si avrà a disposizione più spazio sulla superficie verticale, il che vuol dire creare un volume maggiore grazie alla modularità del sistema.

Tuttavia possiamo anche sottolineare i vantaggi e punti positivi di un sistema di drenaggio applicato sulle facciate dei fabbricati. Sfruttare la superficie verticale per il processo di drenaggio, nel caso di una ragionevole diffusione, ci permetterà di liberare le parti della superficie orizzontale destinate ad un ingrandimento necessario per una gestione migliore delle acque reflue meteoriche. Questo vuol dire avere a disposizione più spazio che potrebbe essere sfruttato per altre destinazioni d'uso.

Un altro vantaggio si presenta dal punto di vista del livello d'inquinamento dell'acqua meteorica. L'acqua trattenuta da questo sistema non ha ancora raggiunto il suolo e rimarrà priva delle sostanze inquinanti presenti sulla superficie trafficata finché viene indirizzata verso i collettori fognari. Perciò con un eventuale cambio di destinazione si potrebbe mantenere basso il livello d'inquinamento per soddisfare gli obiettivi previsti dalla legge e rispettare i parametri stabiliti.





## **4** SISTEMI PER LE FACCIATE: PRESTAZIONI, TIPOLOGIE ED ANALISI MORFOLOGICA





## 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

*"Se intendiamo l'involucro come "pelle" dell'edificio che protegge l'interno dagli agenti atmosferici ma che allo stesso tempo ne sfrutta in modo funzionale la potenza, allora possiamo pensare alla creazione di uno spazio protetto controllabile. In questo caso le condizioni ambientali esterne diventano una risorsa e non una forza contro cui lottare, mentre l'involucro una "pelle attiva" che migliora il benessere interno ed evoca molte possibilità di cambiamento."*

Thomas Herzog

### LAYOUT DEL CAPITOLO



### 4.1 INVOLUCRO EDILIZIO

Si definisce involucro edilizio un elemento architettonico che copre tutto il corpo esterno dell'edificio, connettendo l'ambiente interno con l'ambiente esterno, pur mantenendoli separati. Perciò se l'involucro edilizio da una parte soddisfa l'aspetto architettonico ed estetico dell'edificio, d'altra parte è la superficie principale su cui si ha il contatto diretto con gli agenti atmosferici, che ovviamente variano da clima a clima. In altre parole l'unione di tutte le facciate di un fabbricato forma una sorta di uniforme che ricopre l'edificio, in grado di sfruttare in modo positivo e creativo gli stessi agenti atmosferici da cui deve proteggere il fabbricato<sup>1</sup>.

D'altra parte, se consideriamo la facciata edilizia come uno strato di filtraggio tra l'interno e l'esterno o una barriera tra il posto in cui vive l'uomo e la natura circostante, allora possiamo dividere anche i suoi requisiti tra quelli riguardanti l'ambiente interno e l'ambiente esterno. I requisiti esterni possono essere influenzati da vari fattori, come gli agenti atmosferici, rumori e lo smog, soprattutto quando si tratta di un luogo nelle vicinanze di un'autostrada o delle zone industriali. I requisiti interni variano a seconda dell'utilizzo previsto per l'edificio, e comunque devono soddisfare il benessere e il comfort degli abitanti o di chi utilizza quegli spazi<sup>2</sup>.

Mentre il livello di permeabilità all'aria, alla luce e al rumore sono tra i requisiti interni più importanti per una facciata, i parametri estetici e tecnologici possono

<sup>1</sup>BIRK HAUSER, 2001

<sup>2</sup>CRISTINA BENEDETTI, 1994

essere tra i requisiti esterni. Ma oltre questi requisiti che possiamo chiamare "primari", ci sono anche quelli che oltrepassano il livello base di comfort abitativo e danno un ruolo più importante alla facciata ed involucro edilizio, come le facciate che producono l'energia elettrica o termica. Ormai sono anni che la tecnologia in questo settore sta facendo velocemente progressi notevoli per realizzare le facciate produttrici d'energia. Pannelli fotovoltaici, pareti assorbenti con sistemi TWD, mini turbine eoliche, intonaco composto da materiale fotovoltaico realizzato con la nanotecnologia e altri soluzioni esistenti o in fase di sperimentazione<sup>3</sup>, sono tra le soluzioni che soddisfano i requisiti più raffinati in grado di superare il comfort di base, e tramite l'involucro edilizio danno un valore aggiunto al proprio edificio e chi ci vive dentro.

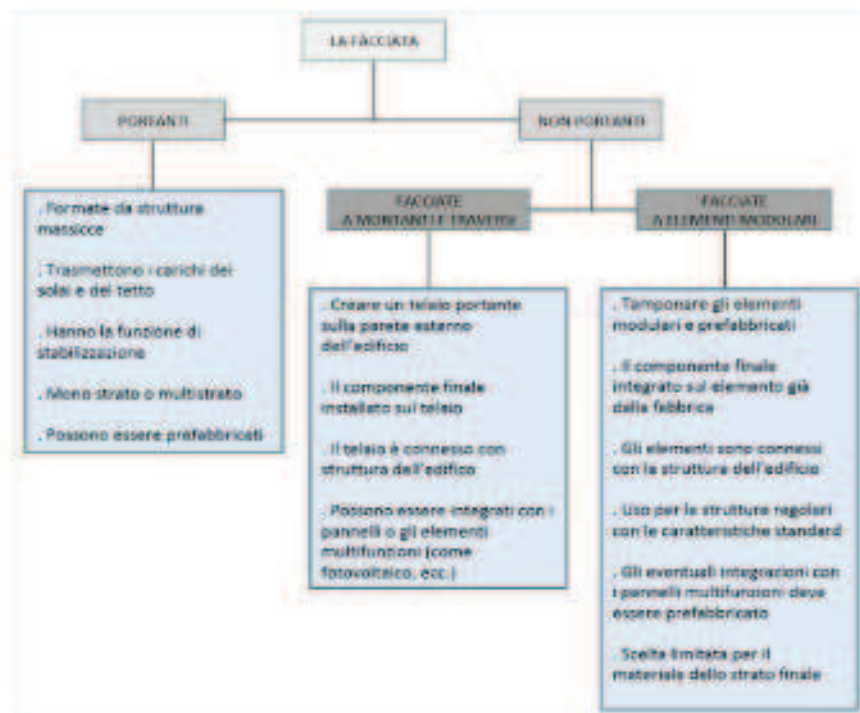
La Fig. 1, secondo i criteri costruttivi, in modo sintetico rappresenta la classificazione della varietà delle facciate<sup>4</sup>:

Fig.01  
La classificazione delle facciate edilizie.



Dal punto di vista strutturale però, tra le facciate portanti e quelle non portanti, ci sono alcune caratteristiche più note che possiamo elencare, per capire meglio le differenze dal punto di vista strutturale<sup>5</sup>:

Fig.02  
Le caratteristiche delle facciate edilizie dal punto di vista strutturale.



<sup>3</sup>FABRIZIO TUCCI, 2006

<sup>4</sup>KRIPPNER, R / HERZOG, T, 1999

<sup>5</sup>BIRK HAUSER, 2001

HERZOG, T, 2004



### **4.1.1 classificazione delle facciate dal punto di vista funzionale**

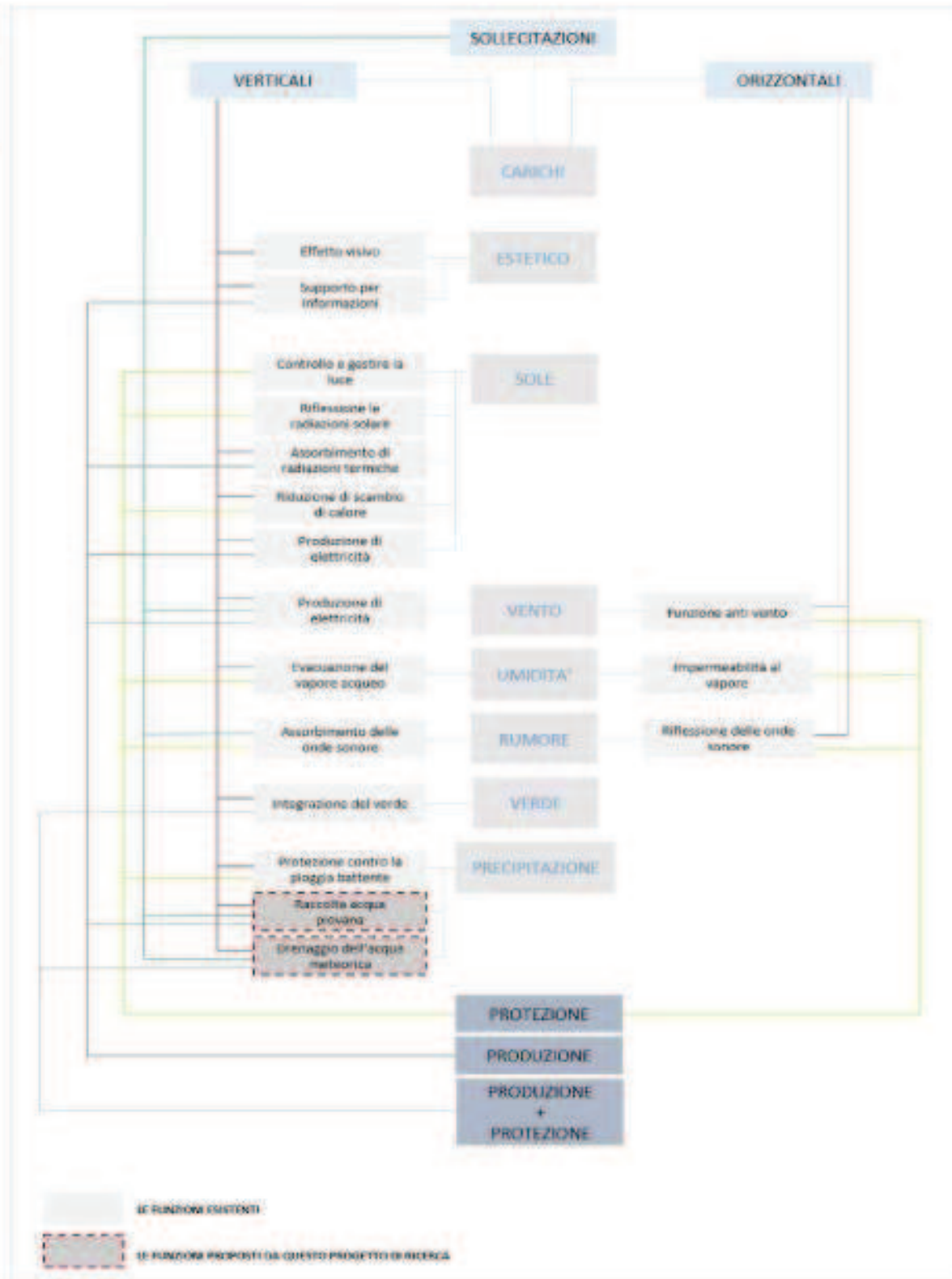
La facciata edilizia può essere costituita da uno o più strati. Una facciata monostato che spesso viene definito "monolitico", sarà quella realizzata con il metodo tradizionale. Queste facciate non sono più in grado di soddisfare le aspettative architettoniche di oggi, né dal punto di vista dei parametri di sostenibilità né dal punto di vista tecnologico. Infatti "la tecnologia a secco" è una soluzione efficiente che permette di realizzare soluzioni diverse da quelle tradizionali per le tipologie di facciate che cercano di soddisfare quelle aspettative. Le aspettative di architettura di oggi cercano d'inquadrare le esigenze più raffinate che alzano il livello di sostenibilità abitativa. Le funzioni che nascono da queste esigenze, che possono essere incorporate nell'involucro edilizio, vengono classificate nella Fig. 3<sup>6</sup>:

---

<sup>6</sup>HERZOG, T, 2004

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

Fig.03  
Le funzioni correlate alle esigenze degli utenti, incorporabili nell'involucro edilizio.



### 4.1.2 tipologie delle facciate non tradizionali (non portanti)

A questo punto, chiamiamo le facciate capaci di avere le funzioni sopra citate, "le facciate non tradizionali", le quali sono sotto la categoria "Non portanti" nella Fig. 2. In questo modo intendiamo praticamente le facciate realizzate con la tecnologia a secco che possono offrire qualcosa in più del solito aspetto estetico o la protezione dagli agenti atmosferici<sup>7</sup>:



Fig.04  
Le tipologie delle facciate "non tradizionali" e strutturalmente "non portante"

In seguito presentiamo alcuni esempi, tra i progetti realizzati, per queste tipi di facciate:

<sup>7</sup> MONICA LAVAGNA, 2006  
FLIPPO ANGELOCCI, 2003  
SERGIO ALTAMONTE, 2005





## 4.2 UNA FACCIATA INTEGRATA: LA SUPERFICIE CHE PUO' RACCOGLIERE LA PIOGGIA

Per realizzare l'idea di controllare e rallentare l'acqua piovana sulla superficie verticale di un fabbricato, cioè, sull'involucro edilizio, è necessario avere un volume disponibile sulle facciate in grado di immagazzinare la quantità di acqua proveniente dalla copertura dell'edificio stesso. Questo significa creare una facciata a doppia pelle, di cui la seconda pelle, che esternamente copre il corpo dell'edificio, dovrebbe contenere il volume necessario per ospitare l'acqua.

Ovviamente una facciata del genere comporterà un carico supplementare per il fabbricato e richiede una soluzione simile alle facciate a doppia pelle con una struttura indipendente da quella dell'edificio. Verificando le varie tipologie dell'involucro edilizio precedentemente categorizzato, si scoprirà che questa nuova tipologia di facciata, strutturalmente potrebbe avere delle parti in comune sia con la tipologia della facciata continua-ventilata che con la facciata integrata a doppia pelle. Dal punto di vista strutturale e di installazione, queste tipologie di facciata possiedono una struttura indipendente dall'edificio ma allo stesso tempo integrato in esso; in questo modo la struttura deve sopportare il carico e il volume dei componenti finali dello strato esterno, anche se il carico finale viene scaricato nel terreno grazie all'integrazione con la struttura portante dell'edificio stesso.

I componenti che devono creare il volume supplementare sulla superficie verticale dell'edificio, in modo da poter gestire l'acqua piovana (che realizzeranno lo scopo di questo progetto di ricerca) sicuramente devono essere installabili su una struttura simile alle facciate continue/ventilate ma caratterizzata e studiata in maniera più specifica che segue però lo stesso concetto.

Per poter sfruttare al meglio le esperienze e i progressi effettuati sul concetto di facciata ventilata nel nuovo sistema, bisognerebbe eseguire un'analisi dettagliata sulle morfologie, tipologie e tecniche attualmente utilizzate per poter creare i vari tipi di questo genere di facciata; questa analisi ci permetterà di utilizzare al massimo le tecnologie esistenti, limitando il più possibile i cambiamenti radicali di natura tecnologica sul processo di progettazione di un sistema efficiente per gestire l'acqua piovana sull'involucro edilizio, sia funzionale dal punto di vista strutturale e tecnologico che sotto l'aspetto economico per quanto riguarda i costi di produzione, installazione e manutenzione.

## 4.3 LA FACCIATA VENTILATA

La UNI 11018/2003 al paragrafo 3, "Terminologia", distingue la facciata "ventilata" da quella "micro ventilata"<sup>B</sup>

### FACCIATA MICROVENTILATA

«Parete opaca di facciata in cui il rivestimento esterno è costituito da elementi di varia fattura, messi in opera a secco tramite dispositivi di sospensione e fissaggio di tipo meccanico, il cui lato nascosto rimane separato dal fronte di parete retrostante (sul quale può trovarsi un pannello termoisolante) tramite un'intercapedine sottile, la quale ha uno spessore comunque sufficiente a interrompere la continuità fisica tra il rivestimento esterno e gli strati della parete».

---

<sup>B</sup> Norma UNI 11018 del 2003, "Rivestimenti e sistemi di ancoraggio per facciate ventilate a montaggio meccanico. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione. Rivestimenti lapidei e ceramici".

<sup>C</sup>Effetto camino: flusso d'aria ascendente che determina una ventilazione naturale fra il rivestimento esterno e la parete interna.



#### FACCIATA VENTILATA

«Tipo di facciata a schermo avanzato in cui l'intercapedine tra il rivestimento e la parete è progettata in modo tale che l'aria in essa presente possa fluire per effetto camino\* in modo naturale e/o in modo artificialmente controllato, a seconda delle necessità stagionali e/o giornaliere, al fine di migliorarne le prestazioni termoenergetiche complessive»

La parte interessante da approfondire in questa terminologia (per questo progetto di ricerca) sarebbe "lo schermo avanzato" che praticamente sarà la seconda pelle integrata sulla parete esterna dell'edificio. Vista la necessità di creare un volume esterno sulla facciata in questo progetto di ricerca, in questo capitolo si esegue un'analisi di base sulla realizzazione delle facciate ventilate, elementi e componenti del sistema d'ancoraggio e un confronto delle varie tipologie sul mercato.

Gli obiettivi di questa analisi sono:

- Descrivere la tipologia di base per creare una facciata ventilata.
- Confrontare le varie tecniche, rappresentando le soluzioni utilizzate delle varie aziende attive nel settore.
- Trovare le parti tecnologico-strutturali che le varie soluzioni attualmente presenti sul mercato avranno in comune.
- Sfruttare il più possibile questi comuni dettagli per poter definire una soluzione adeguata per questo progetto di ricerca.

Un'analisi con questi obiettivi ci porterà i seguenti benefici:

- Ridurre la complessità tecnologica:  
Realizzare una soluzione innovativa con ciò che ci si aspetta dallo scopo di questo progetto, sarà notevolmente meno complicata, qualora si possa definire una tecnologia di cui buona parte sia già esistente ed abbastanza simile alle soluzioni presenti nel settore per quanto riguarda i metodi installativi.

- Risparmio economico:

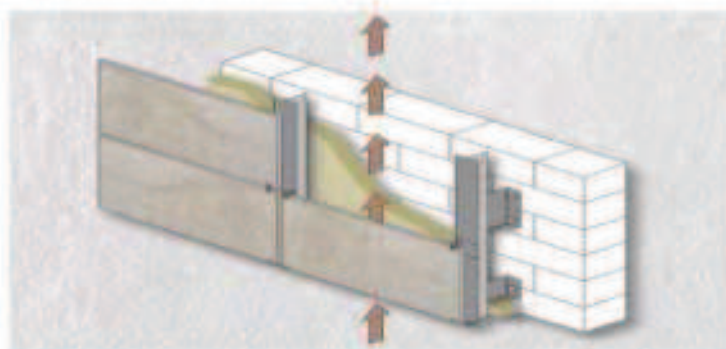
Logicamente una soluzione integrabile sulle tecnologie già in uso avrà meno bisogno di componenti ed elementi molto specifici. Questo avrà un diretto effetto positivo sui costi di realizzazione, riducendoli in modo tangibile.

### 4.3.1 composizione dello schermo avanzato

Se consideriamo la parete esterna dell'edificio come ultimo strato della parte interna, lo schermo avanzato in un sistema di facciata ventilata è formato dai seguenti strati:

- Parete esterna dell'edificio
- Sottostruttura
  - Isolamento termico
  - Intercapedine ventilata
  - Sistema d'ancoraggio
  - Rivestimento esterno

Fig.06  
La modalità generale  
dello schermo avanzato  
nella facciata ventilata.  
Fonte: NICOLA COSTA,  
2010





##### 4.3.1.1 SOTTOSTRUTTURA

Ha il compito di fissare meccanicamente, il rivestimento esterno alla struttura dell'edificio. Di solito è costituita da una griglia metallica composta dai montanti, trasversi (Fig. 7) o un misto tra i due (Fig. 8) e costituita da profili e telai in lega di alluminio o acciaio inox.



Fig.07 (sinistra)  
La modalità generale della sottostruttura costituita dai montanti.

Fig.08 (destra)  
La modalità generale della sottostruttura dai montanti e trasversi.

Fonte: NICOLA COSTA, 2010

Questa ossatura metallica, così detta sottostruttura, serve per rendere indipendente il sistema d'ancoraggio dalla struttura del fabbricato.

Sappiamo che questa griglia di metallo, che a volte viene fatta anche di legno e si posa all'esterno del supporto edilizio, per il nostro caso sicuramente sarà diversa. Tuttavia questa differenza rispetto alle modalità generali ed esistenti, la vogliamo ridurre al minimo indispensabile per mantenere una alta percentuale di compatibilità tra la sottostruttura di questo progetto e quelle già in uso.

Ma nonostante la varietà morfologica, alcuni requisiti per i profilati utilizzati in questa parte del sistema della facciata ventilata saranno necessari, generalmente:

- verifica per le eventuali deformazioni
- resistenza meccanica
- compatibilità morfologica con le staffe e morsetti
- resistenza al fuoco
- resistenza agli agenti atmosferici
- compatibilità geometrica con lo strato del isolamento termico.

I profilati utilizzati come montanti e trasversi in una sottostruttura per le facciate ventilate, sono generalmente realizzati in acciaio inossidabile, con un spessore di solito pari a 2mm e raramente a 1.5 mm. L'uso dei profilati in acciaio inossidabile non è l'unica soluzione, vengono anche utilizzati profilati in acciaio zincato o in alluminio. Di solito in un edificio con la struttura portante in acciaio, la sottostruttura per la facciata viene collegata con la saldatura tramite le staffe o morsetti, alle travi portanti del fabbricato. In questi casi molto spesso, i profilati in acciaio zincato sono più utilizzati per la loro maggiore capacità di tenere la saldatura e anche perché i profilati di questo materiale sono più spessi: pari a 3 mm. Con i profilati di alluminio però si gode di maggior libertà, si possono ottenere i vari spessori che permettono di aumentare la resistenza alle sollecitazioni e nel nostro caso anche oscillazioni causate dal movimento dell'acqua sulla facciata<sup>9</sup>.

La Fig. 9 dimostra alcune geometrie più utilizzate per i profilati metallici che vengono usati per formare la sottostruttura<sup>10</sup>:

<sup>9</sup>ANGELO LUCCHINI, 2014

<sup>10</sup>NICOLA COSTA, 2010



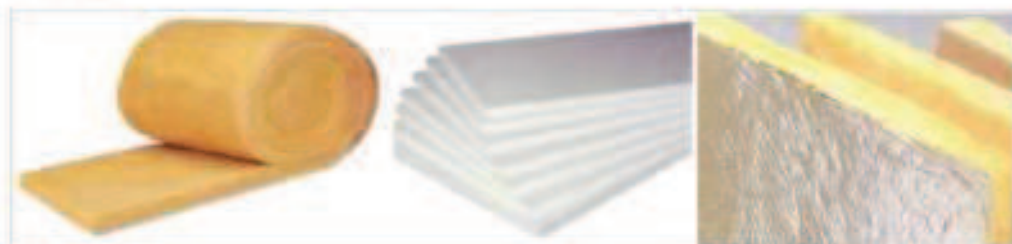
Fig.09  
Le geometrie più utilizzate dei profili metallici utilizzati in sottostruttura.  
Fonte: NICOLA COSTA, 2010



#### 4.3.1.2 ISOLAMENTO TERMICO

Lo strato termico posizionato tra la maglia metallica creata dalla sottostruttura e lo strato estetico del rivestimento esterno, è di solito costituito da pannelli o materassini di vari materiali isolanti come lana di vetro, lana di roccia, polistirolo, ecc. questi strati incorporano una grande quantità d'aria e assorbono umidità.

Fig.10  
Alcune tipologie dei materiali isolanti utilizzati nel sistema di facciata ventilata.  
Foto: portale edilizia.it



I prodotti utilizzati per coibentazione termica non solo devono ridurre la conducibilità termica, ma devono anche permettere il controllo della permeabilità al vapore e dei ponti termici, oltre che soddisfare le condizioni imposte dalle normative per la resistenza al fuoco, il controllo della reazione al fuoco e la resistenza all'acqua e agli agenti atmosferici. Usualmente si utilizzano pannelli o rotoli di lana di vetro minerale senza barriera al vapore, oppure pannelli di polistirene espanso, polistirene estruso e poliuretano. (Il materiale di coibentazione viene normalmente fissato al supporto retrostante con fissaggio meccanico costituito da apposite squadrette o tasselli muniti di gorgiera)<sup>11</sup>.

Si riportano nella tabella di Fig. 11, alcuni tra i più utilizzati prodotti per la coibentazione con le loro caratteristiche principali:

Fig.11  
Le caratteristiche principali dei alcuni materiali più utilizzati della coibentazione.  
Fonte: CINZIA CORRADI, 2002

MATERIALE	PESO SPECIFICO	PERMEABILITA' AL VAPORE	CONDIZIONE TERMICA
	Kg/mc	Kg/McPa - UR<50%	W/m°C
Fibre di Vetro-Filtri Resinati	11-16	150	0.053-0.046
Fibre di Vetro-Pannelli Semirigidi	16-30	150	0.046-0.040
Fibre di Vetro-Pannelli Rigidi	30-100	150	0.040-0.038
Fibre Minerali-Filtri Resinati	30-35	150	0.045-0.044
Fibre Minerali-Pannelli Semirigidi	40-55	150	0.042-0.040
Fibre Minerali-Pannelli Rigidi	80-125	150	0.042-0.040
Polistirene espanso senza polle	30-50	0.6-2.2	0.041-0.034
Polistirene estruso in lastre di blocco	20-30	2.5-6	0.041-0.040
Poliuretano in lastre da blocchi	25-50	1-2	0.034-0.032
Poliuretano espanso in loco	37	1.8-6	0.035

<sup>11</sup>CINZIA CORRADI, 2002

### 4.3.1.3 INTERCAPEDINE VENTILATA

L'avanzamento dello schermo della seconda pelle sulla facciata dell'edificio, crea una distanza nominata come camera d'aria, tra la parete esterna del fabbricato e lo strato finale della facciata (Fig. 12). Questa distanza varia di solito tra 100 e 150 mm ed è assolutamente utile per mantenere lo strato termico sempre asciutto e tramite un flusso d'aria ascendente per via dell'effetto camino, riduce il carico termico estivo sull'edificio. Per garantire questa circolazione, è necessario prevedere le idonee aperture di presa e scarico d'aria in basso e alla sommità della parete ventilata. Generalmente per ogni metro di parete bisogna ricavare almeno 50 cm<sup>2</sup> di aperture di ventilazione. Questo rapporto si ottiene montando lo strato finale almeno a 20mm di distanza<sup>12</sup>.

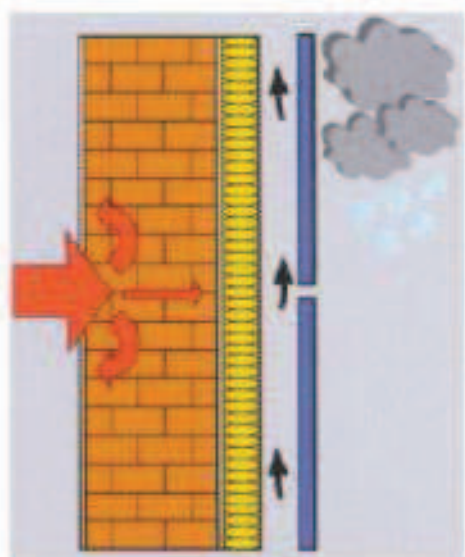


Fig.12  
La creazione di "camera d'aria" applicando la sottostruttura di un sistema della facciata ventilata.  
Fonte: ANGELO LUCCHINI, 2014

I benefici di una camera d'aria protetta dallo strato del rivestimento esterno che gode i vantaggi offerti dall'effetto camino saranno:

- In l'estate, la riflessione termica del rivestimento, la circolazione d'aria e la presenza dello strato termico, riducono la trasmissione del carico termico solare che colpisce l'edificio,
- In l'inverno, riduce la perdita di calore dall'interno verso l'esterno,
- Aumentare l'impermeabilità e maggior resistenza all'azione combinata tra pioggia e vento.

### 4.3.1.4 SISTEMA D'ANCORAGGIO

Collegare il rivestimento alla sottostruttura, fissando i componenti finali dello strato estetico, sarà il compito del sistema d'ancoraggio. Questi sistemi possono essere classificati in due categorie:

- Sistemi puntiformi
- Sistemi planare (lineari o continui)

<sup>12</sup>HERZOG, T., 2004



**SISTEMI PUNIFORMI**

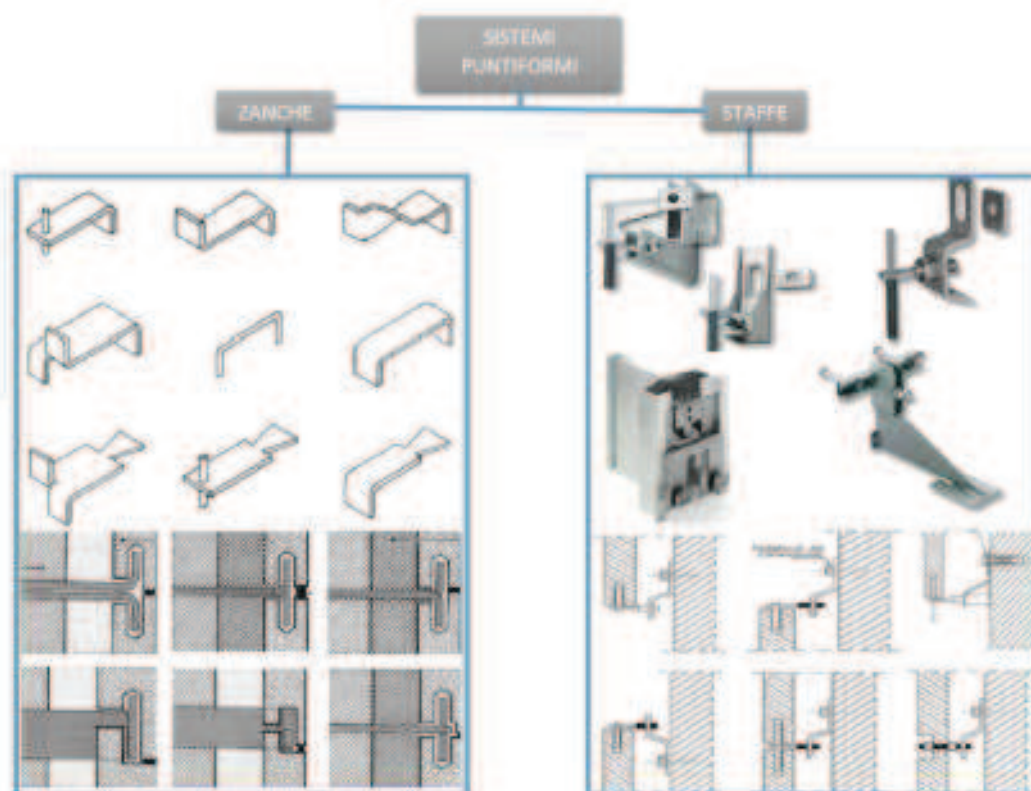


Fig.13  
Alcune componenti più utilizzate del sistema d'ancoraggio "puntiformi",  
Fonte: NICOLA COSTA, 2010

**SISTEMI PLANARE (LINEARI O CONTINUI)<sup>13</sup>**

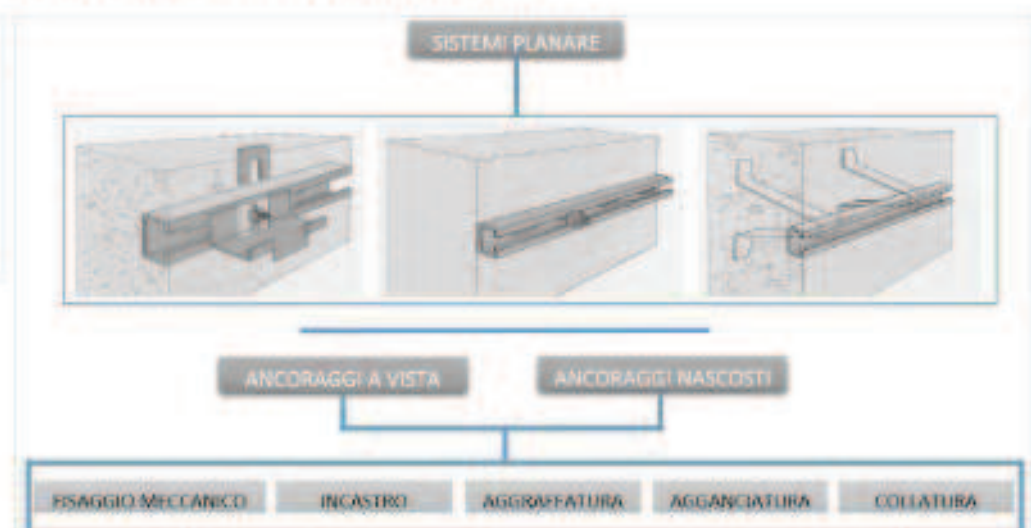


Fig.14  
I sistemi "planare" con i relativi tipi del sistema d'ancoraggio.  
Fonte: NICOLA COSTA, 2010  
Foto: ZANINI NICOLO', 2004

I materiali più utilizzati per i sistemi d'ancoraggio sono: Acciaio inossidabile, Acciaio zincato e assimilabile e Allumini. Con la Fig. 14, si dimostrano le caratteristiche degli acciai più utilizzati nelle facciate in funzione dell'ambiente<sup>14</sup>

<sup>13</sup> ZANINI NICOLO', 2004

<sup>14</sup> Estratto dalla UNI ENV 1993-7-4

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

ACCIAIO INOSSIDABILE		RURALE			URBANO			INDUSTRIALE			MARINO		
		B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
AISI 304	1.4301	0	0	0	0	0	{0}	{0}	{0}	↓	0	{0}	↓
AISI 321	1.4541	0	0	0	0	0	{0}	{0}	{0}	↓	0	{0}	↓
AISI 316	1.4401	↑	↑	↑	↑	0	0	0	0	{0}	0	0	{0}
AISI 316L	1.4404	↑	↑	↑	↑	0	0	0	0	{0}	0	0	{0}
AISI 316Ti	1.4571	↑	↑	↑	↑	0	0	0	0	{0}	0	0	{0}

Fig.15

Le caratteristiche degli acciai più utilizzati per i componenti di sistema d'ancoraggio nei sistemi delle facciate ventilate.  
Fonte: UNI ENV 1993-7-4

- A:** ambiente ad alta aggressività dagli agenti atmosferici  
**M:** ambiente a media aggressività dagli agenti atmosferici  
**B:** ambiente a bassa aggressività dagli agenti atmosferici  
**0:** dimensionamento ottimale  
**{0}:** dimensionamento con opportune precauzioni  
**↑:** sovradimensionamento  
**↓:** sottodimensionamento

Gli acciai zincati e assimilabili sono acciai non inossidabili. La zincatura per via elettrolitica o per immersione a caldo reagisce su componenti metallici di acciaio ordinario creando uno strato superficiale in zinco. Nella seguente tabella si riportano una classificazione degli acciai non inossidabili utilizzati per usi strutturali<sup>15</sup>

CLASSIFICAZIONE DEGLI ACCIAI NON INOSSIDABILI		
STORICA	EN ALFANUMERICA	EN NUMERICA
Fe 360 D (+Z)	S 235 J2G3 (+Z) - S 235 J2G4 (+Z)	1.0116 - 1.0117
Fe 430 D (+Z)	S 275 J2G3 (+Z) - S 275 J2G4 (+Z)	1.0145 - 1.0146
Fe 510 D (+Z)	S 255 J2G3 (+Z) - S 255 J2G4 (+Z)	1.0570 - 1.0577

Fig.16

Le classificazioni degli acciai non inossidabili più utilizzati nella sottostruttura e sistema d'ancoraggio nei sistemi delle facciate ventilate.  
Fonte: NICOLA COSTA, 2010

Inoltre è molto frequente l'uso delle leghe di alluminio nella sottostruttura e per i componenti del sistema d'ancoraggio. Anche l'alluminio viene trattato superficialmente per ottenere una maggiore resistenza all'aggressione atmosferica. La tabella sotto riportata dimostra una classificazione delle leghe in alluminio utilizzate a scopi strutturali per la realizzazione dei componenti del sistema di ancoraggio.

CLASSIFICAZIONE DELLE LEGHE DI ALLUMINIO	
EN ALFANUMERICA	EN NUMERICA
P - Al Cu4,4 Si Mn Mg	2014
P - Al Mg 4,5	5083
P - Al Mg Si	6060
P - Al Mg / Si Cu	6061
P - Al Mg Si Mn	6082
P - Al Zn 4,5 Mg	7020
P - Al Zn 5,8 Mg Cu	7075

Fig.17

Le classificazioni delle leghe d'alluminio più utilizzate per la sottostruttura e sistemi d'ancoraggio.  
Fonte: NICOLA COSTA, 2010

<sup>15</sup> Estratto dalla norma UNI 10011



Altre categorie dei componenti come viteria, bulloneria e tasselli, che devono fissare al supporto, le staffe, traversi, montanti, e morsetti, allo stesso tempo hanno anche il compito di collegare gli stessi componenti tra di loro. E a tutto questo, nel caso di questo progetto, bisogna anche aggiungere l'oscillazione causata dal movimento dell'acqua che dovrebbe accumularsi nel volume creato sulla facciata <sup>16</sup>.

##### 4.3.1.5 IL RIVESTIMENTO ESTERNO

Oltre al suo ruolo estetico, essendo l'unico strato in vista per l'involucro edilizio, deve anche proteggere l'edificio dagli agenti atmosferici pur mantenendo un funzionamento termico – acustico abbastanza accettabile. Per i sistemi della facciata ventilata, vengono utilizzate delle lastre in diversi materiali che nonostante la varietà dimensionale, estetica oppure morfologica, possono essere classificate in sei gruppi principali <sup>17</sup>:

- Metallo
- Legno
- Vetro
- Laterizio
- Ceramica
- Pietra

Con lo sviluppo della tecnologia di produzione dei componenti del rivestimento esterno, esiste anche una percentuale minore di utilizzo dei materiali elaborati chimicamente come:

- Laminati di resine
- Materiali compositi
- Laminati di fibrocemento
- Materiali polimerici

I materiali utilizzati come il componente finale del sistema, sono di diversi tipi che variano rispettivamente con le aziende che applicano i sistemi della facciata ventilata. Ovviamente ogni azienda, per il progetto su cui deve intervenire, considera caratteristiche tecniche e anche estetiche diverse per cercare di renderlo abbastanza unico. Ma a prescindere dalle specialità di ognuno, per la scelta del materiale di rivestimento, vanno rispettati alcuni criteri di base <sup>18</sup>:

- Condizioni di sottostruttura
- Modalità del sistema d'ancoraggio
- Tipologia estetica adeguata al contesto
- Parametri geografici e climatici
- Condizioni esecutive del cantiere.

La Fig. 17 dimostra un confronto della fascia dei pesi per i materiali più utilizzati per il rivestimento delle facciate ventilate <sup>19</sup>. Il peso al metro quadrato aumenta in relazione con lo spessore. Ovviamente non saranno presentati tutti i materiali che

---

<sup>16</sup> ANGELO LUCCHINI, 2014

<sup>17</sup> HERZOG, T, 2004

<sup>18</sup> ANGELO LUCCHINI, 2000

<sup>19</sup> Dati aziendali delle varie aziende produttori dei materiali di rivestimento per le varie tipi di facciate edilizie

vengono utilizzati per rivestire la facciata ventilata. Ma con questo confronto possiamo crearci un limite massimale del peso per i componenti finali del sistema di questo progetto di ricerca. Perché a livello progettuale, quando si riesce a progettare un nuova sistema, dove i componenti che lo rivestono non siano notevolmente più pesanti degli attuali materiali già in uso, il progetto sarà più accettabile. Tuttavia la questione importante da considerare riguardo ai componenti progettati da noi, è che devono creare un volume integrale sulla facciata edilizia che ospiterà l'acqua in sé, perciò i componenti avranno un peso variabile quando sono vuoti e quando saranno pieni dell'acqua.

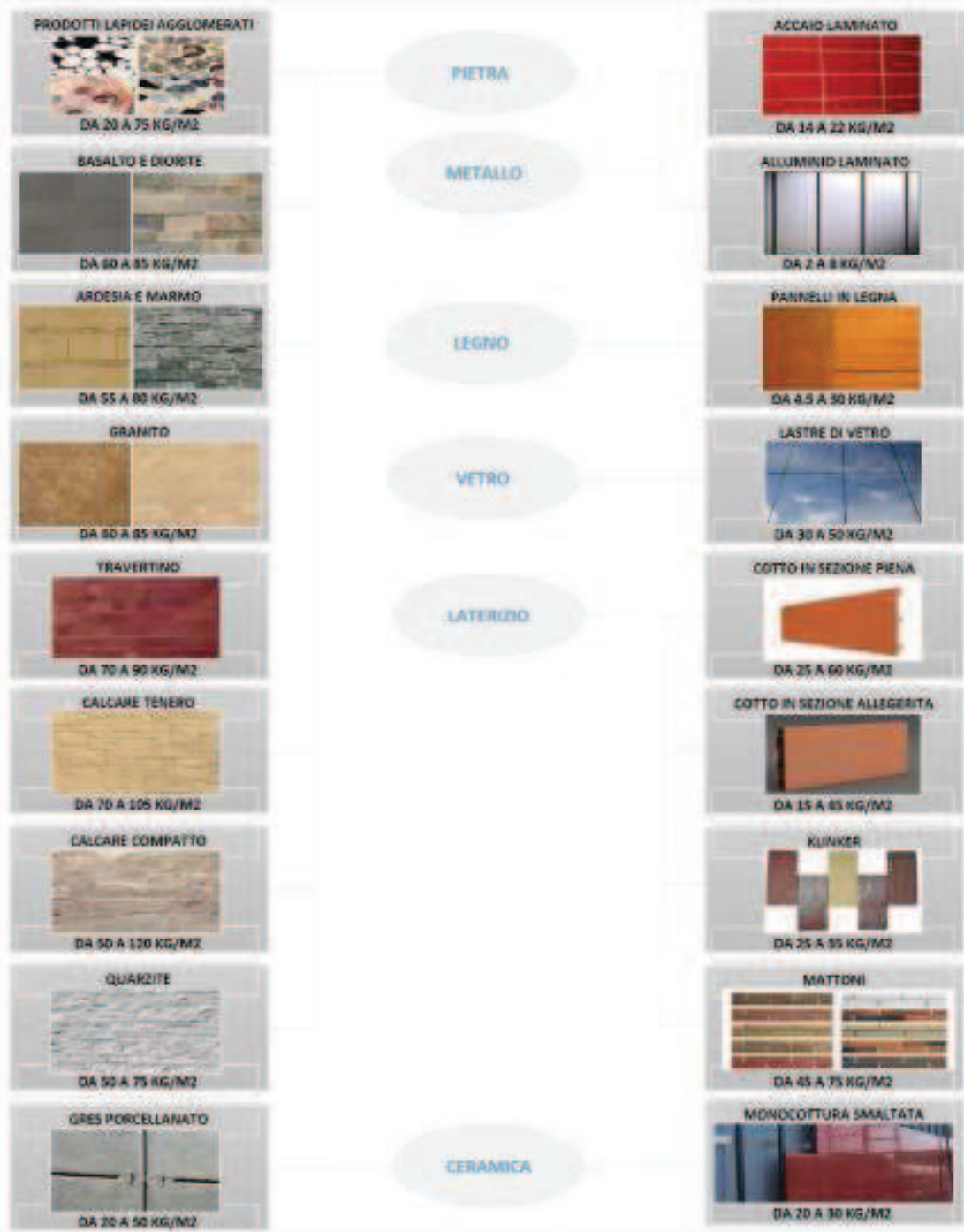


#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

Fig.18

Un confronto di pesatura tra i vari materiali utilizzati come il componente finale nei sistemi delle facciate ventilate.

Fonte: i dati raccolti dalle varie aziende produttori/installatori



In questo grafico, gli spessori considerati variano da 9 a 45 mm, ovviamente sezioni da 30 a 45 mm saranno considerate per i materiali lapidei, e laterizio. Considerando che i componenti del nostro progetto devono immagazzinare l'acqua, avranno sicuramente uno spessore maggiore di 45 mm. I nostri componenti per via del volume che devono creare, solo nella presenza di acqua saranno pieni, e quello sarà il loro peso massimale.

Per questo progetto, è stato sempre seguita la strategia di massimizzare la compatibilità morfologica e strutturale tra i sistemi già in uso e il sistema creato da noi, e a seguire la stessa strategia ci sarà un altro vantaggio: cercare di

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

rimanere nella stessa fascia di peso dei materiali più utilizzati per il rivestimento delle facciate ventilate.

##### 4.3.1.6 ISOLAMENTO ACUSTICO

I requisiti della facciata per creare un livello accettabile di isolamento acustico sono correlati con il livello del rumore esterno e quello interno. La Fig. 18 rappresenta questa relazione <sup>20</sup>:

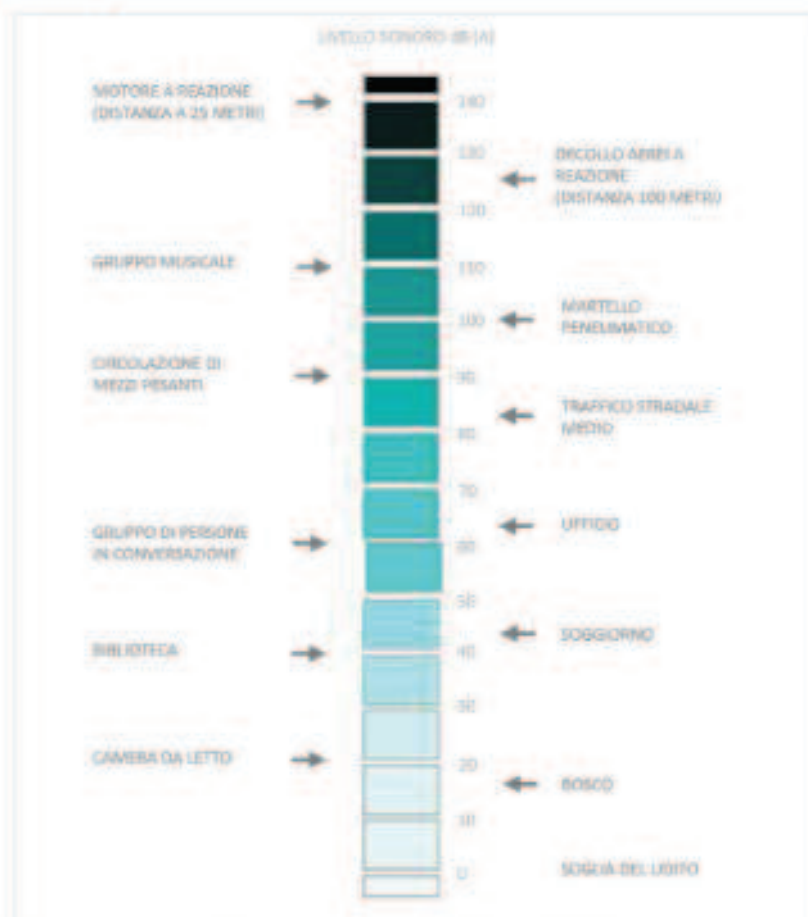


Fig.19  
La classificazione dei vari livelli sonori da considerare per creare isolamento acustico.  
Fonte: HERZOG, T, 2004

D'altra parte, la norma DIN 4109, stabilisce le diverse fasce d'intensità del rumore, considerando il livello del rumore esterno <sup>21</sup>:

<sup>20</sup>STEFANO CUOGHI, 2004

<sup>21</sup>HERZOG, T, 2004



Fig.20  
Le diverse fasce  
d'intensità di rumore.  
Fonte: HERZOG.T, 2004

FASCE D'INTENSITA' DEL RUMORE	LIVELLO RUMORE ESTERNO SIGNIFICATIVO (dB)	CAMERE DA LETTO	AMBIENTI DI SOGGIORNO	UFFICI (1)
I	≤ 55	35	30	-
II	56 – 60	35	30	30
III	61 – 65	40	35	30
IV	66 – 70	45	40	35
V	71 – 75	50	45	40
VI	76 – 80	55	50	45
VII	≥ 80	55	55	50

(1)  
Non sono previsti i  
particolari requisiti per  
elementi esterni di  
locali in cui, a causa  
delle attività che  
vengono esercitate, il  
livello dei rumori che  
penetrano dall'esterno  
di un contributo  
ridotto al livello sonoro  
interno.  
(2)  
I requisiti devono  
essere stabiliti a  
seconda della  
situazione specifica.

Basandosi su queste fasce, la direttiva VDI 2719 misurata secondo la norma DIN 52210, determina le classi 4, 5 e 6 come quelle di alto livello di isolamento acustico. Per ottenere questi livelli, in un sistema di facciata ventilata, si potrebbero utilizzare queste soluzioni<sup>22</sup>:

- Uso dei componenti più pesanti per lo strato finale,
- Aumentare il numero degli strati per il componente finale,
- Usare i componenti con alta percentuale di elasticità,
- Aumentare la distanza degli strati che delimitano l'aria,
- Usare materiali in grado di assorbire le onde sonore, come i materiali porosi, per lo strato finale.

Detto questo, la soluzione evidenziata ci dimostra che avere un componente volumetrico con un spazio vuoto all'interno, in modo da formare lo strato finale nella facciata, ci permette di alzare il livello di isolamento acustico. Perciò avremo che, il volume creato sulla superficie verticale dell'edificio da questo progetto di ricerca, ottiene anche la funzione d'isolante acustico come un beneficio collaterale per il fabbricato.

#### 4.3.2 classificazione dei sistemi delle facciate ventilate

È stato detto precedentemente che lo scopo di questa analisi del settore tecnologico di realizzazione delle facciate ventilate, sarà individuare la miglior soluzione tecnica già in uso, che possa essere compatibile per un sistema che nascerà dall'idea di questo progetto di ricerca. Alla luce di questo obiettivo si sente la necessità di verificare anche i vari schemi funzionali che maggiormente vengono utilizzati per realizzare le facciate ventilate. Questo ci aiuterà a individuare lo schema più simile alle nostre esigenze per il progetto.

Dalla ricerca eseguita nel settore, si potrebbero definire generalmente i seguenti schemi funzionali<sup>23</sup>:

<sup>22</sup>STEFANO CUOGHI, 2004

<sup>23</sup>NICOLA COSTA, 2010

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

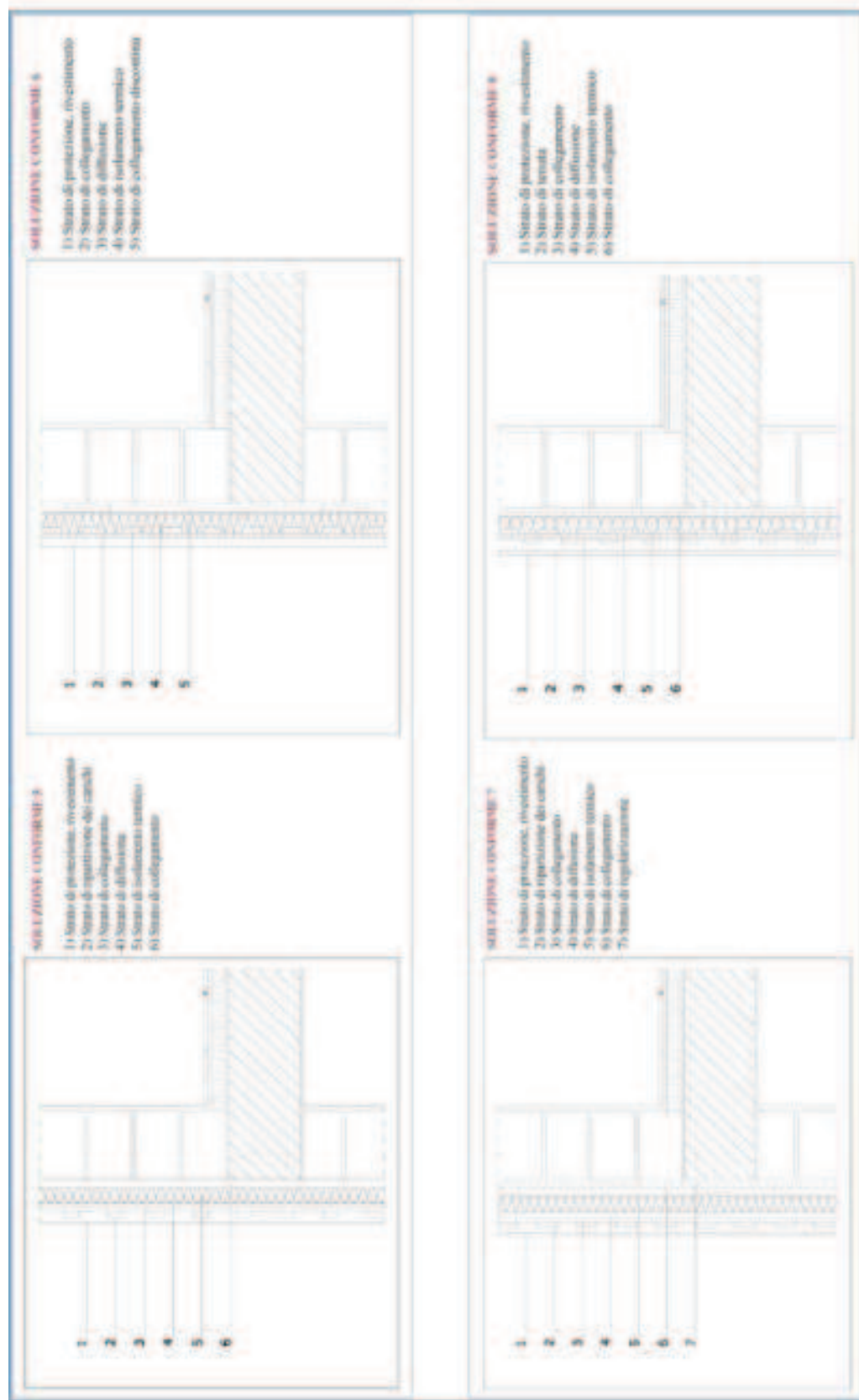
---

- . Sistema a stratificazione compatta
- . Sistemi ad intercapedine ventilata
- . Sistemi ad intercapedine ventilata con strato di tenuta ad elementi continui
- . Sistemi di facciata strutturale a elementi portanti integrati
- . Sistemi di facciata strutturale ad intercapedine ventilata

Sistema a stratificazione compatta



Sistemi ad intercapedine ventilata



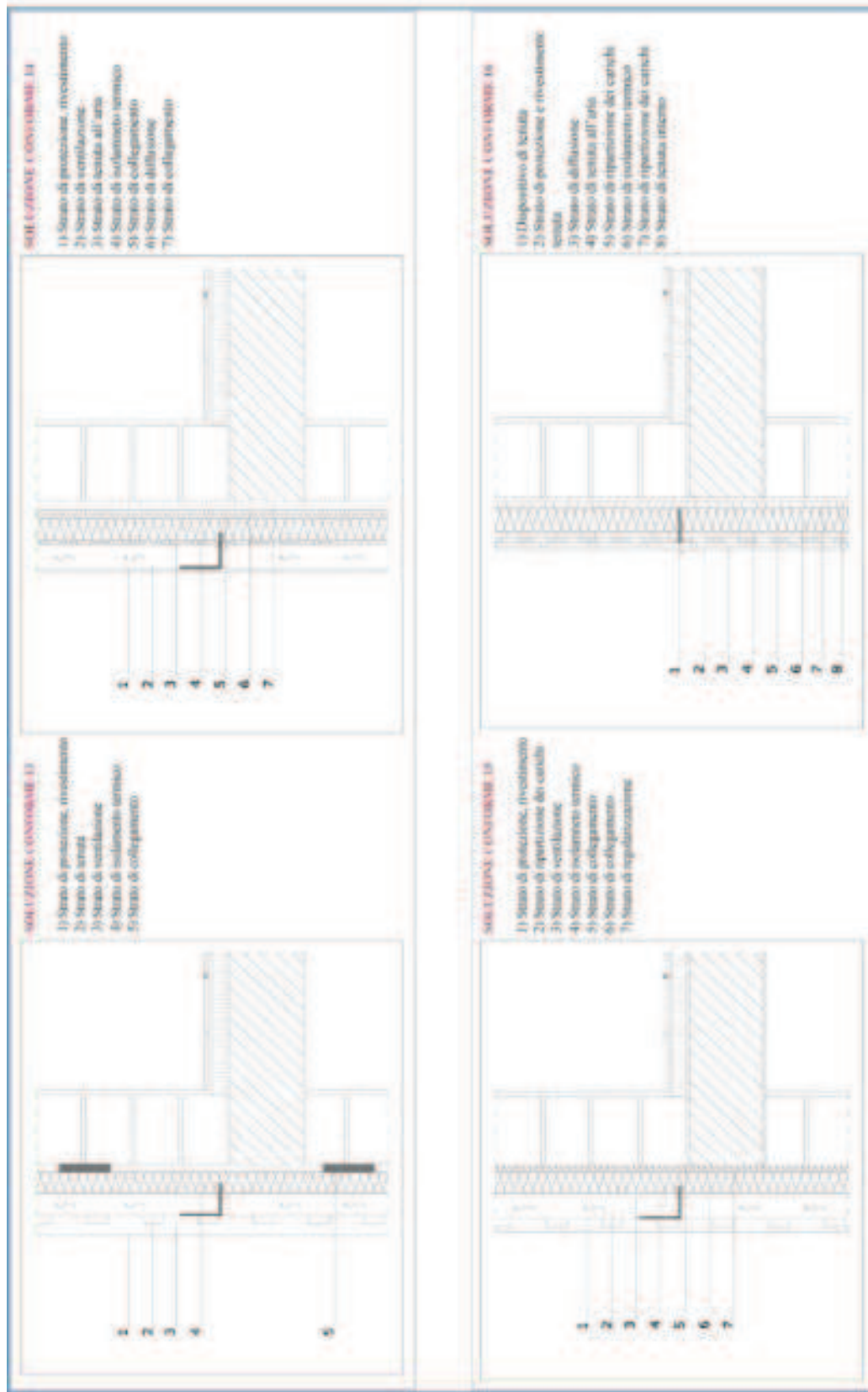


Sistema ad intercapedine ventilata con strato di tenuta ad elementi continui

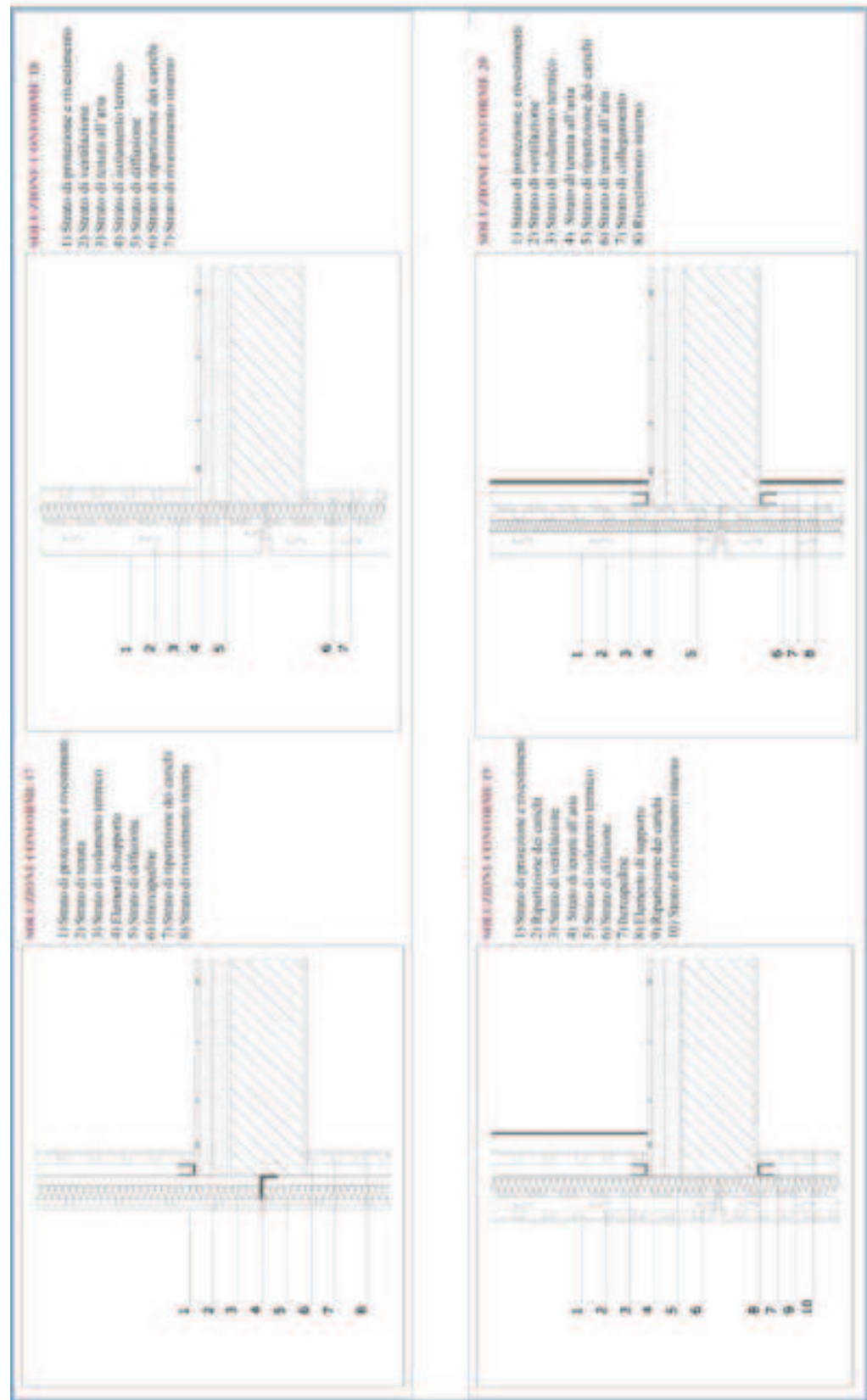


#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

##### Sistemi di facciata strutturale a elementi portanti integrati



Sistemi di facciata strutturale ad intercapedine ventilata





Il sistema che richiede questo progetto, deve avere alcune caratteristiche particolari. Una delle più importanti sarebbe la capacità di sopportare i componenti finali del sistema durante tutto il tempo che saranno caricati dall'acqua. Questa condizione comporterà delle oscillazioni e sollecitazioni fuori dalla normalità, cioè, quello che succede per gli attuali sistemi della facciata ventilata, e proporzionalmente una maggior stabilità e tolleranza strutturale per il sistema da noi progettato.

Considerando tutto ciò, e valutando le varie classificazioni delle tipologie della facciata ventilata appena dimostrate, potrebbe risultare che la classificazione presentata come "Sistemi di facciata strutturale a elementi portanti integrati", abbia i parametri di base per soddisfare le esigenze del nostro progetto. È evidente che nonostante la tecnica di base potrebbe illuminarci per creare la nostra tecnologia d'installazione, bisognerà sempre modificare alcuni parametri della tecnica classificata in questa categoria per arrivare a quella adeguata.

A parte lo strato di isolamento termico e la creazione di uno spazio d'intercapedine e camera d'aria, un altro parametro che rende idonea questa tecnica d'installazione per il nostro progetto, è la presenza degli elementi integrali per la sottostruttura applicati sulla parete esterna dell'edificio. Poter integrare i profili metallici per procurare un'ossatura che rende possibile l'installazione dei vari tipi di componenti per il rivestimento finale, ci dà abbastanza libertà per creare il volume necessario da questo progetto non solo sugli edifici di nuova costruzione ma anche sul costruito.

#### **4.4 ANALISI MORFOLOGICA PER CONOSCERE LO STATO DELL'ARTE DELLA PRODUZIONE DEI SISTEMI DELLE FACCIATE VENTILATE**

Come è stato detto all'inizio del capitolo, per poter avvicinare lo stato di compatibilità tecnologica di questo progetto con le altre tecnologie esistenti, bisogna effettuare un'analisi nel settore di produzione dei sistemi per le facciate sul mercato italiano. Per questo confronto sono state studiate 55 aziende italiane e straniere con la sede attiva in Italia, che lavorano in questo settore. Tra queste, 17 aziende che rappresentano 32 tecnologie d'installazione con la varietà dei materiali di rivestimento, sono state confrontate con i parametri specificati per questo progetto di ricerca. I parametri che ci aiuteranno ad individuare le parti comuni delle varie tecnologie già in uso, per poterle inserire nel sistema che verrà creato per soddisfare gli obiettivi di questo progetto.

Altre aziende studiate sono accantonate per i 9 motivi sotto elencati:

- Non essere più attive,
- Essere solo installatori dei sistemi delle facciate prodotti dalle altre aziende,
- Essere esclusivamente produttori dei materiali del rivestimento per le facciate ventilate,
- Il sito web disattivato,
- Essere attiva come consorzio per la cultura dei sistemi per le facciate,
- Essere esclusivamente produttori dei materiali di isolamento termico per le facciate ventilate,
- Produttori ed installatori dei sistemi delle pareti esterne a tamponamento,
- Essere esclusivamente produttori di accessori d'ancoraggio per le facciate ventilate,
- Produttori ed installatori dei sistemi di facciata a cappotto con materiale faccia a vista integrata.

Elenco delle aziende accantonate:

- ALCAN
- MECOS
- FISCHER
- SANMARCO TERRAL ITALIA
- BELLUSCHI
- RANK OVER
- ANTONELLO FINITURE
- CORTEXA
- SILEX
- SALIPAS
- HALFEN
- DECORUS
- CASALI
- SOCIETA' ITALIANA LASTRE
- DROBIA
- FORTLAN DI - BI
- ISOVER
- STONE
- POLIPAST
- KNAUF
- CIR
- WALTER
- SIRE
- LAPE
- FERRACCIAIO
- ALPHA
- ITALFIM
- MISTERBRICK
- FIDENZA
- BALZARETTI
- PREFA
- BANTI
- K SYSTEM
- GL LOCATELLI
- GYPROC
- KORRUGAL
- LAVE



#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

Elenco delle aziende confrontate:

NOME	LOGO	INDRIZZO	FOTO ESEMPIO
HEDAR EDILIZIA METALLICA SRL		S.P. Ex. Sede 28060 Vicoforte (NO) Tel +39 0321-893511 R.A. www.hedar.it	
AMEA COMPONENTI ARCHITETTONICI ALLUMINIO		Amea spa Via Milano 13 – Verdello Superiore 23879 – LECCO www.ameaedit.it	
CENTRO METAL SRL		CentroMetal S.r.l. Via Marconi, 101/7 22030 Marone (CN) – ITALY www.centrometal.com	
DUPONT (ITALIA)		Sede Italiana : Via Piero Gobetti, 2 Cernusco sul Naviglio Milano www.coman.it	
SERENISSIMA CIR SPA		SERENISSIMA CIR INDUSTRIE GERAMICHE SPA Sede commerciale: Via A. Volte 5, 23/25 42013 Casagrande (RC) Italy www.serenissimacir.it	
EDIL LECCA SPA		Edil Lecca S.p.A. via Pontebbana 5 33056 Valvasone (forlisenone) www.edil-lecca.com	
ELCOM SYSTEM spa		Elcom sistemi spa S.S. Ex Tiberina 3 Bis No 218 06050 – Pintura di Todi (Perugia) www.elcomsystem.it	
CABOX		CABOX Via Castellana Vecchia, 6 31055 QUINTO DI TREVISO www.cabox.com	



#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica














NOME	LOGO	INDRIZZO	FOTO ESEMPIO
FIBRAN spa		Mola Ponte Adorni: 48/2 Rama Porto Antico 10126, Cuneo (CN) - Italy <a href="http://www.fibran.it">www.fibran.it</a>	
VZINC		Umecore Building Products Italia srl Via R. Lombardi 20/AB I - 20154 Milano <a href="http://www.umzinc.it">www.umzinc.it</a>	
PIZ CLADDING SYSTEM ITALY		PIZ ITALY PIZ S.r.l. via de' Molini, 22 20090 Cesio Varesino (MI) <a href="http://www.piz.it">www.piz.it</a>	
ADERMA LOCATELLI GROUP		Aderma Locatelli Group Via Dante Alighieri, 66 - 22078 Turate (CO) - Italy <a href="http://www.adermalocatelli.it">www.adermalocatelli.it</a>	
COTTO CUSIMANO spa		Cotto Cusimano SpA Contrada Cambo, 23 - 05040 SETTIMANO-CZ <a href="http://www.cottocusimano.it">www.cottocusimano.it</a>	
KALIKOS srl		Kalikos International S.r.l. Corso Raffaello, 163 - 36100 Vicenza - Italia <a href="http://www.kalikos.it">www.kalikos.it</a>	
ALIVA SISTEMI PER LE FACCIATE		ALIVACENTRALE - Via Deiana 43 - 47030 San Marino Pascoli (FC) <a href="http://www.aliva.it">www.aliva.it</a>	
ABET LAMINATI spa		ABET LAMINATI SPA Viale Industria 23, Casella Postale 47 12052 BRAS (CN) <a href="http://www.abet-laminati.it">www.abet-laminati.it</a>	
ISOPAN spa		Sede legale - Via Augusto Righi, 7 37135 Verona (IT) <a href="http://www.isopan.it">www.isopan.it</a>	

Per fare il confronto tra sistemi prodotti da queste aziende, sono stati sottolineati questi parametri da verificare:








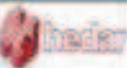




















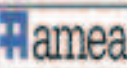



























- Tipologia di sottostruttura del sistema
- Elemento governante del sistema d'ancoraggio
- Presenza dello spazio intercapedine
- Presenza dello strato isolante
- Tipologia del materiale di rivestimento
- Lo stato di visibilità del canale pluviale dell'edificio in presenza del sistema di facciata ventilata
- Il peso medio del materiale di rivestimento per metro quadrato

Per poter verificare questi parametri abbiamo creato delle simbologie che rappresentano le diverse modalità usate nelle varie tipologie della facciata ventilata:

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

Asse verticale	Pr 	SOTTOSTRUTTURA	Camera d'aria		SPAZIO TRALE
Asse orizzontale	Pr 		Isolamento termico		
Staffe di collegamento	St 		SISTEMA D'ANCORAGGIO	Metallo	<b>ME</b>
Aggraffatura		Legno		<b>LE</b>	
Salitatura		Laterizio		<b>LA</b>	
Agganciatura		Ceramica		<b>CE</b>	
Incastro		Composito		<b>CO</b>	
Fissaggio meccanico (Bulloneria, Viteria ecc.)		vetro		<b>VE</b>	
Collatura		Canale pluviale a vista			CANALE PLUVIALE
		Canale pluviale a scomparsa			

Una volta che sono stati definiti i segnali rappresentanti dei parametri da verificare, è stato effettuato la verifica con i seguenti risultati:

NOIOME AZIENDA	LOGO AZIENDALE	NOIOME DEL PRODOTTO	TIPOLOGIA DI SOTTOSTRUTTURA	SISTEMA D'ANCORAGGIO	DISPONIBILITÀ DI CAMERA D'ARIA	DISPONIBILITÀ DI ISOLAMENTO TERMICO	MATERIALE DI RIVESTIMENTO	VISIBILITÀ DEL CANALE PLUVIALE	IL PESO MEDIO DEL SISTEMA (kg/mq)
HEAD		Empo	St  Pr 				<b>ME</b>		14-25
HEAD		Bentoclar	St  Pr 				<b>ME</b>		14-25
HEAD		Empo	St  Pr 				<b>ME</b>		14-25
HEAD		Empo	St  Pr 				<b>ME</b>		14-25
AMEA		Serie I	St  Pr 				<b>ME</b>		14-25
CENTRO METAL		Model 28 Model 25	St  Pr 				<b>ME</b>		14-25
DUPONT		Coron	St  Pr 				<b>CO</b>		20-25
SERENISSIMA CR		Fluoride	St  Pr 				<b>CE</b>		25-30



#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

NOME AZIENDA	LOGO AZIENDALE	NOME DEL PRODOTTO	TIPOLOGIA DI SOTTOSTRUTTURA	SISTEMA D'ANCORAGGIO	DISPONIBILITÀ DI CAMERA D'ARIA	DISPONIBILITÀ DI ISOLAMENTO TERMICO	MATERIALE DI RIVESTIMENTO	VISIBILITÀ DEL CANALE PLUVIALE	IL PESO MEDIO DEL SISTEMA (kg/m <sup>2</sup> )
ENI (ENEA srl)		Apicalis Architettonici	St				LA		45-55
ECOM SYSTEM spa		Panelis Architettonici	St  Pr				ME		34-25
FORMAN spa		Panelis Architettonici	St  Pr				CE		25-40
VZINC		Digitalis Zinco	St  Pr				ME		34-25
VZINC		Appaltesis Argenteo	St  Pr				ME		34-25
VZINC		Panelis Zinco	St  Pr				ME		34-25
VZINC		Panelis Zinco	St  Pr				ME		34-25
PI ITALY		FORMAN spa	Pr				CO		20-25

NOME AZIENDA	LOGO AZIENDALE	NOME DEL PRODOTTO	TIPOLOGIA DI SOTTOSTRUTTURA	SISTEMA D'ANCORAGGIO	DISPONIBILITÀ DI CAMERA D'ARIA	DISPONIBILITÀ DI ISOLAMENTO TERMICO	MATERIALE DI RIVESTIMENTO	VISIBILITÀ DEL CANALE PLUVIALE	IL PESO MEDIO DEL SISTEMA (kg/m <sup>2</sup> )
ALCANTARA (LOCATELLI GROUP)		Locate	St  Pr				LA		40-45
COTTO CUSIMANO spa		Panelis	St  Pr				CE		25-30
COTTO CUSIMANO spa		Panelis Architettonici	St  Pr				CE		45-55
KALIKOS srl		Panelis	St  Pr				ME		34-25
ALIVA		Panelis	St  Pr				ME		34-25
ALIVA		Panelis	St  Pr				ME		34-25
ALIVA		Panelis	St  Pr				LA		30-45
ALIVA		Panelis	St  Pr				LA		30-45

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

NOIOME AZIENDA	LOGO AZIENDALE	NOIOME DEL PRODOTTO	TIPOLOGIA DI SOTTOSTRUTTURA	SISTEMA DI ANCORAGGIO	DISPOSITIVI DI CAMERA D'ARIA	DEPOSITIVI DI ISOLAMENTO TERMICO	MATERIALE DI RIVESTIMENTO	VISIBILITÀ DEL CASALE FLUSSO	IL PESO MEDIO DEL SISTEMA (kg/m <sup>2</sup> )
ALIVA		Fluo	St Pr				CO		20 - 25
ALIVA		Fluo a vista	St Pr				CO		20 - 25
ALIVA		Fluo a scomparsa	St Pr				CO		20 - 25
ALIVA		Metal	St Pr				ME		14 - 25
ALIVA		Glass	St Pr				VE		30 - 40
CABOX		Overlapp Wall	St Pr				ME		14 - 25
ALFA LAMINI T1 spa		Mura laminate	St Pr				CO		20 - 25
ISOPAN SPA		Pannello a sandwich	St Pr				ME		14 - 25

Ora è possibile applicare l'output di questo confronto sugli stessi parametri per cui è stata eseguita questa analisi:

- Tipologia di sottostruttura del sistema

<p>Uso dello staffe di metallo per collegamento di sottostruttura d'ancoraggio e struttura portante dell'edificio</p> <p>97%</p>	<p>Uso dei profilati di metallo come montanti sulla parete esterna dell'edificio</p> <p>90%</p>	<p>Uso dei profilati di metallo come traversi sulla parete esterna dell'edificio</p> <p>40%</p>
--	---	---

- Elemento governante del sistema d'ancoraggio

Aggraffatura	Incastro	Fissaggio meccanico	Agganciamento	Incollatura	Saldatura
12%	25%	40%	30%	3%	0%

- Presenza dello spazio intercapedine

<p>Creare camera d'aria</p> <p>100%</p>
---

- Presenza dello strato isolante

<p>Isolamento termico</p> <p>97%</p>
--------------------------------------



#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

##### - Tipologia del materiale di rivestimento

Metallo	Laterizio	Ceramica	Vetro	Legno	Compositi
54%	12%	12%	4%	0%	18%

##### - Lo stato di visibilità del canale pluviale dell'edificio in presenza del sistema di facciata ventilata

Canale pluviale in vista	Canale pluviale nascosto sotto la facciata
7%	93%

##### - Il peso medio del materiale di rivestimento per metro quadrato

Peso minimo kg/mq	Peso massimo
Metallo: da 14 a 25	Laterizio: da 45 a 55 kg/mq

### 4.5 VERIFICA DELLE SOLUZIONI PER I PARTICOLARI (ANGOLI, AVANZALI DELLE FINESTRE, ECC)

In un processo di rivestimento di una facciata edilizia nella versione tradizionale, coprire alcuni dei particolari come gli angoli esterni o quelli interni, ciellini, imbotte laterali e d'avanzali delle finestre, dal punto di vista tecnico, non è molto diverso dal resto della facciata. Avendo a disposizione il malto, come un composto facilmente raggiungibile da tutte le parti dell'involucro, basterebbe solo dimensionare con precisione il materiale di rivestimento, e il gioco sarà fatto. Questa faccenda però diventa più complicata quando si tratta di un sistema integrato per la facciata del fabbricato, come la facciata ventilata. Nella realizzazione di facciate del genere, i particolari nominati vanno studiati con cura. Evidentemente per avere una versione estetica perfetta in un sistema realizzato con la tecnologia a secco, la modalità di posa deve variare anche per quel poco che basterebbe a perfezionare i particolari del rivestimento esterno.

Studiando le tecniche utilizzate dalle diverse aziende, ci risulta che esiste una relazione diretta tra la tecnica effettuata per perfezionare i particolari, e il materiale di rivestimento usata dall'azienda.

Quando si tratta dei materiali lapidei o la ceramica, per coprire gli angoli esterni, le lastre vengono già tagliate a 45° e vanno fissate fra di loro, di solito con delle apposite squadrette nella parte posteriore per dare agli elementi della facciata un aspetto monolitico, ovvero senza fuga verticale. Diversamente se la progettistica stabilisce che la fuga architettonica per motivi tecnici sarà mantenuta durante il montaggio, le lastre vengono posate senza il taglio di 45° e con un apposito bloccaggio tra di loro, così la fuga prevista verrà stabilita e mantenuta nel tempo. Ed in caso di volerla lasciare in vista, con un adeguato elemento di finitura, la fuga viene coperta. Negli angoli interni invece, l'applicazione sarà meno complicata, perché il taglio di 45° non sarebbe necessario per la forma geometrica della posatura<sup>24</sup>.

La stessa tecnica di tagliare lo spigolo a 45° con precisione, viene utilizzata per fare imbotte laterali delle finestre, quasi sempre con fisaggio a scomparsa sul retro della lastra. Nel d'avanzali e ciellini però viene anche prevista una leggera pendenza per drenare l'acqua meteorica, già nel sistema d'ancoraggio nella parte posteriore del componente di rivestimento. Per completare l'opera viene

<sup>24</sup>ETTORE ZAMBELLI, 1997



#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

effettuata la sigillatura e impermeabilizzazione finale sempre per evitare che l'acqua piovana oltrepassi la pelle esterna della facciata.

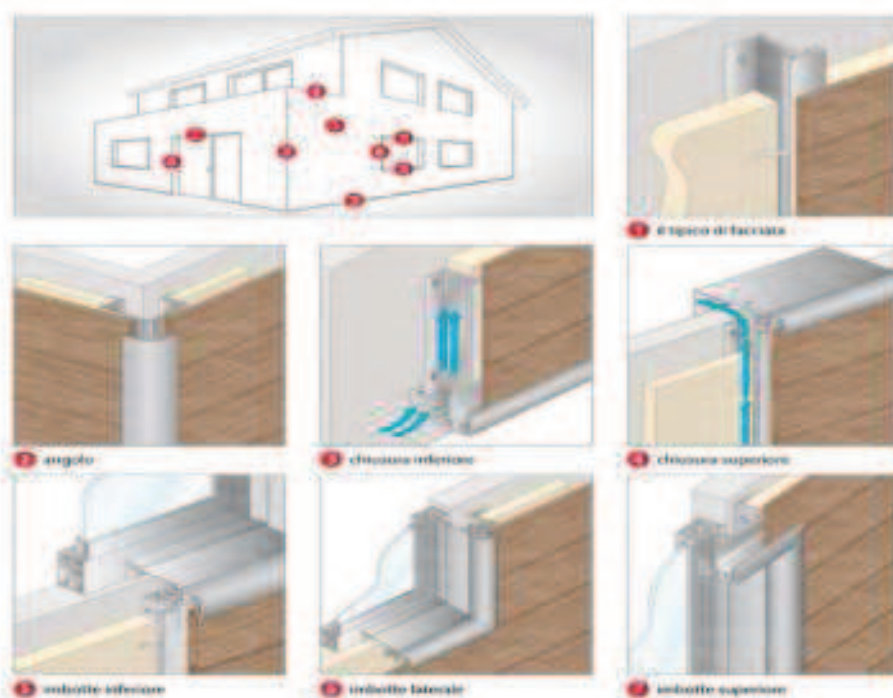


Fig.21  
L'esempio della modalità d'applicazione dei particolari, facciata ventilata con doghe di legno come il materiale di rivestimento (Woodwarp)  
Fonte: azienda Ravaoli Legname.

Quando si tratta dei materiali lapidei, persino per fare gli angoli esterni con la forma a curva, sempre il proprio materiale viene lavorato prima della posa, e in questo caso le lastre vengono formate con la tecnica di "water-jet"<sup>25</sup>.



Fig.22  
L'uso del tecnico "water-jet" per curvare le lastre di marmo posizionate agli angoli esterni.  
Fonte: la sede di Italmarble Pocar srl a Massa.

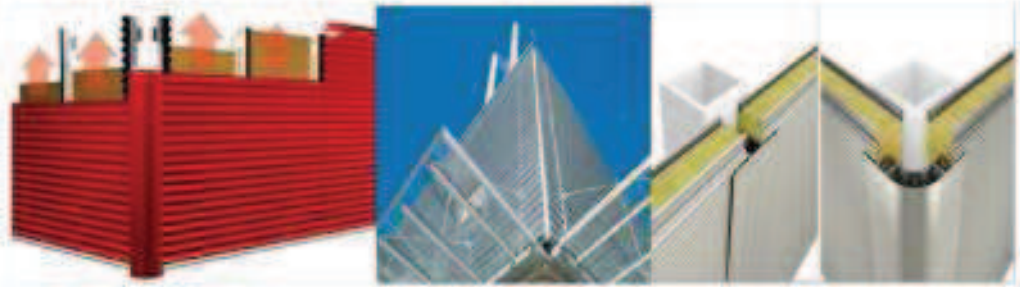
Nelle facciate ventilate fatte con materiali più flessibili rispetto a quelli lapidei, come acciaio inossidabile o zincato, alluminio, i compositi oppure la legna, il concetto tecnologico per i particolari angolari e le aperture sulla facciata, rimane quasi lo stesso. La differenza però consiste nel maggior utilizzo degli elementi di finitura come i pressopiegati o addirittura le piastre o doghe appositamente create per gli angoli della facciata o davanzali, imbotte e ciellini delle finestre<sup>26</sup>. Alcune aziende che producono i pannelli a Sandwich in cui, il materiale isolante e il rivestimento sono compresi nello stesso pannello, usano elementi di finitura fatti su misura molto più delle altre. (Fig. 23 e 24)



Fig.23  
I componenti di rivestimento, creati su misura per applicare i particolari.  
Fonte: l'azienda Elcom System.

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

Fig.24  
Elementi di rifinitura,  
creati su misura per  
applicare i particolari.  
Fonte: le aziende Abet  
laminati spa, Cabox e  
VM zinc



Mentre le aziende che applicano il sistema di facciata ventilata con gli strati separati, usano sia i componenti già preparati specificamente che i pressopiegati di vari tipi e formati sempre da loro per soddisfare le loro esigenze tecniche durante la posatura.

Fig.25 (sinistra)  
I particolari degli angoli  
interni ed esterni con e  
senza uso dell'elemento  
di rifinitura.

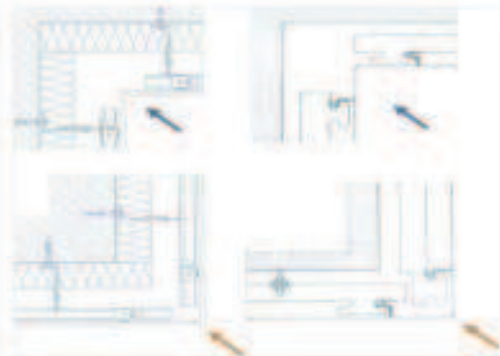
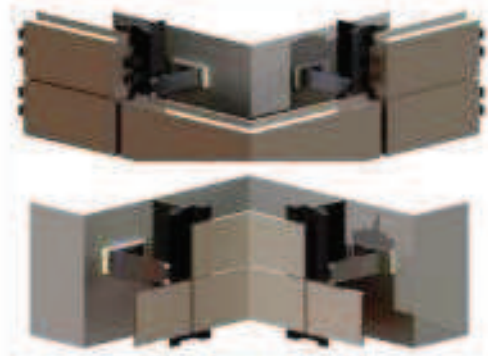


Fig.26 (destra)  
I componenti creati  
specificamente per gli  
angoli.  
Fonte: l'azienda Kalikos



Anche per questo progetto, nonostante sia una tipologia nuova per un involucro edilizio, ci saranno gli stessi particolari da realizzare durante l'applicazione del sistema della facciata. Perché la compatibilità tecnologica con i sistemi esistenti, è stata già dall'inizio, la strategia seguita da questo progetto di ricerca. Perciò, abbiamo considerato la possibilità di curare i particolari sulle facciate dalla parte delle aziende analizzate, come un altro parametro da verificare.

INQUADRIAMENTO	QUADRANTE	DELLA	ANGOLO INTERNO	ANGOLO ESTERNO	AUTOINCARICHI CON LA PUGA	TRAVO A 45°	COMPONENTI SPECIFICI	ELEMENTI FINITIVI



#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

NOME AZIENDA	LOGO AZIENDALE					
HEDAR						
AMEA						
CENTRO METAL						
DUPONT						
SERENISSIMA CIR						
EDIL LECCA srl						
ELCOM SYSTEM spa						
FIBRAN spa						

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

NOME AZIENDA	LOGO AZIENDALE					
VZINC						
PZ ITALY						
ADERMA LOCATELLI GROUP						
COTTO CUSIMANO spa						
KALIKOS-INT						
ALIVA						
CABOX						
ASET LAMINATI spa						
ISOPAN spa						

Con i risultati di questa verifica dimostrati qui sotto, si vede che la tecnica di utilizzare un elemento di finitura per coprire gli angoli interni ed esterni e particolari delle aperture sulla facciata ventilata, è più utilizzata delle altre soluzioni. Evidentemente questi elementi vengono prodotti come accessori per il sistema di facciata specificamente per ogni azienda.

	L'USO DEL TECNICO DI TAGLIO DI 45°	19 %
	L'USO DEL TECNICO DELL'AFFIANCAMENTO BLOCCATO CON LA FUGA ARCHITETTONICA	29 %
	L'USO DEL COMPONENTE CREATO SPECIFICAMENTE DALL'AZIENDA PRODUTTORE DEL SISTEMA	13 %
	L'USO DEGLI ELEMENTI DI FINITURA CREATO SPECIFICAMENTE DALL'AZIENDA PRODUTTORE DEL SISTEMA	39 %

Si potrebbe concludere la questione, rendendosi conto che se per il sistema che verrà creato da questo progetto di ricerca, venissero formati degli appositi



elementi di finitura, come la soluzione per i particolari del sistema di facciata, sia tecnicamente che esteticamente non sarà una mossa progettuale fuori luogo.

### **4.6 ANALISI DI PRESTAZIONE ESTETICA PER CONOSCERE IL PANORAMA CONTEMPORANEO DELLE FACCIATE VENTILATE DAL PUNTO DI VISTA ARCHITETTONICO**

Dopo aver eseguito un'analisi sulle aziende produttrici dei sistemi delle facciate ventilate e aver inquadrato una linea generale della modalità e della tecnologia utilizzata nel mercato, possiamo definire dei parametri da utilizzare nel nostro progetto che ci permetteranno di alzare il più possibile il livello di compatibilità tra la tecnologia creata da noi per la realizzazione del sistema della nostra facciata e le tecnologie esistenti sul mercato. (Questi parametri verranno definiti nella parte della conclusione del capitolo)

Ma siccome questo progetto viene da un dottorando di ricerca in architettura, non possiamo accontentarci di progettare un sistema che sia compatibile con quelli esistenti soltanto dal punto di vista tecnologico e strutturale. Infatti bisognerebbe eseguire un'altra analisi che ci illustri le caratteristiche dello stato generale della prestazione estetica delle facciate ventilate realizzate dagli architetti. In questo modo possiamo avere un'idea chiara del panorama contemporaneo che caratterizza l'aspetto architettonico ed estetico delle facciate.

Una volta individuate le caratteristiche più note e più utilizzate dai progetti esistenti, possiamo definire, per il nostro sistema della facciata, i parametri principali che formeranno l'aspetto estetico finale con un ottica aggiornato sullo stato relativo dell'arte.

Per quest'analisi abbiamo verificato e confrontato 31 progetti realizzati con la facciata ventilata dagli architetti negli ultimi 20 anni, (salvo due casi che risalgono al 1973 e al 1993). La scelta di questi progetti, ovviamente, poteva essere molto più vasta ma si è cercato di tener conto di alcuni parametri che ci serviranno per definire la nostra facciata, parametri come il colore e la forma del componente finale, lo stato della visualità dei giunti del sistema d'ancoraggio, l'effetto visivo volumetrico, lo stato di combinazione tra le forme, i materiali o i colori diversi per realizzare lo stato finale della facciata.

Il metodo per questo confronto è uguale a quello che abbiamo utilizzato con le aziende, cioè, per ogni parametro abbiamo creato delle icone con cui confrontare le caratteristiche dei progetti scelti, e alla fine definiamo la quantità numerica della presenza di questi parametri nello stato generale.

Le schede sotto citate rappresentano i progetti realizzati con la facciata ventilata che sono stati scelti come i campioni per il sondaggio:



#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

NOME DEL PROGETTO	AUTORE	LUOGO	ANNO	MATERIALE UTILIZZATO	TIPOLOGIA DELL' EDIFICIO	IMMAGINE DEL PROGETTO
Olivetti training center	James Sotring	Hatfield/Inghilterra	1973	Materiale plastico	ufficio	
Atelier per artisti	Peter Zumthor	Ottobruno Germania	1999	Materiale plastico	Atelier privato	
Edificio per uffici	Walter Gropius	Wiesbaden	1955	Vetro	uffici	
Stadthof	Oswald Neufuss	Düsseldorf Germania	1955	Vetro	uffici	
Hotel four seasons	Josef Paul	Berlino Germania	1960	Petra	Albergo	
Residenza	Josef Paul	Berlino Germania	1960	Petra	Residenza uffici	
Museo d'arte	Josef Paul	Chicago USA	1966	Metallo	Museo pubblico	
Sede centrale di RWE	Oswald Neufuss	Essen Germania	1997	Vetro	uffici	

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

NOME DEL PROGETTO	AUTORE	LUOGO	ANNO	MATERIALE UTILIZZATO	TIPOLOGIA DELL' EDIFICIO	IMMAGINE DEL PROGETTO
Granderzentrum	Hogger-Kassal	Hannò Germania	1999	Pannelli F.V. Argilla	Complesso residenziale	
Ufficio presidenza federale	Gruber-Klöing	Berlino Germania	1998	Petra	Ufficio	
Daimler-Benz	Renzo Piano	Berlino Germania	1999	Argilla	Ufficio	
Centro congressi e spettacoli	Rafael Moneo	San Sebastian Spagna	1999	Vetro	Edificio pubblico	
Casa abitazione	Eric Goussard	Sartrouville Francia	1999	Petra	Residenza	
Studentato	Álvaro Siza	Lisbona Portogallo	1999	Calcestruzzo	Residenza studentesca	
Ambasciata Nordche	Beyer Feilcke	Berlino Germania	1999	Acciaio	Edificio pubblico	
Casa abitazione	Heron 5	Amsterdam Olanda	2000	Materiale plastico	residenza	

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

NOME DEL PROGETTO	AUTORE	LUOGO	ANNO	MATERIALE UTILIZZATO	TIPOLOGIA DELL' EDIFICIO	IMMAGINE DEL PROGETTO
Centro scolastico professionale	Schiff	Bitzfeld Germania	2000	Panelli FV colorizzati	Scuola	
Museo d'arte moderna	Oliver Lichtingwegger	Vienna Austria	2001	Pietra	Edificio pubblico	
Casa unifamiliare	Burt Howard	Londra UK	2001	Argilla	Residenza privata	
Casa della Quarta	Peter Nikola	Mischede Germania	2001	Calcestruzzo	Casa privata	
Centro culturale	Brudner-Korbert	Wurzburg Germania	2002	Pietra	uffici	
Museo di Kassel	Günther Geyer	Braunschweig Germania	2002	Metallo	edificio pubblico	
Edificio per uffici	Heidek Schmidt	Unterwieschelnheim Germania	2002	Materiale plastico	uffici	
Space lab	Peter Cook	Graz Austria	2003	Materiale plastico	laboratorio	



#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

NOME DEL PROGETTO	AUTORE	LUOGO	ANNO	MATERIALE UTILIZZATO	TIPOLOGIA DELL'EDIFICIO	IMMAGINE DEL PROGETTO
Alianz Arena	Herzog De Meuron	Monaco Germania	2008	Materiale plastiche	uffici	
Sede centrale di Ence	Agostinelli PRISMA	Cinopodere gr Italia	2000	Argilla	Complesso amministrativo	
University of Leeds art	DLA architect	Leeds UK	2007	Materiale plastico	Edificio pubblico	
Hotel Fiera	Dominique Perrault	Milano Italia	2009	Petra	Albergo	
South Essex College	Stephen Marshall	Southeast UK	2010	Materiale plastiche	Studentato	
Centro polifunzionale Sagotino	Cavadini, Borri	Paderno Dugnano (MI) Italia	2010	Ceramica	Edificio pubblico	
Centro culturale	Hector Luengo	Canals Spagna	2011	Materiale plastiche	Edificio pubblico	

I parametri scelti per confrontare queste facciate sono:  
il colore, il materiale, la forma, situazione visiva del sistema d'ancoraggio, effetto visivo degli angoli e della facciata in generale e alla fine presenza delle parti mobili nella facciata.  
Per definire la situazione di ognuno di questi parametri abbiamo creato delle apposite icone:



4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

	COLORE UNICO
	VARIETA' DEI COLORI
	FORMA UNICA
	COMBINAZIONE TRA LE FORME
	GIUNTI IN VISTA
	GIUNTI A SCOMPARSA
	ANGOLI RETTI
	ANGOLI CURVI
	MATERIALE UNICO
	COMBINAZIONE TRA I MATERIALI
	EFFETTO VISIVO 2D
	EFFETTO VISIVO 3D
	DIMENSIONE STANDARD (DAL PUNTO DI VISTA DI MERCATO)
	DIMENSIONE SPECIALE
	ELEMENTI FISSI
	ELEMENTI MUOVIBILI

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica





COLORE	FORMA	ARRETRAMENTO	ANGOLI	MATERIALE	EFFETTO VISIVO	DIMENSIONI	FINISIRE IN VISTA	IMMAGINE DEL PROGETTO

#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

FORME	FORME	AREE CHIAVATE	ANGOLI	MATERIALI	EFFETTO VISIVO	ORIENTAZIONE	FORMAZIONE IN VISTA	IMMAGINE DEL PROGETTO



#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

COLORE	FORMA	ANCORAGGIO	ANGOLI	MATERIALI	EFFETTO-VENTO	DIREZIONE	FUNZIONI IN VANTO	IMMAGINE DEL PROGETTO
								
								
								
								
								
								
								
								



#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

COLORE	FORME	ANCORAGGI	ANGOLI	MATERIALI	EFFETTO USATO	DIREZIONE	FUNZIONE IN VISTA	IMMAGINE DEL PROGETTO

A parte i risultati numerici di questa verifica che verranno rappresentati in seguito, ci si è resi conto di un dato interessante: considerando l'anno di realizzazione di questi progetti, si scoprirà una linea abbastanza attendibile che rappresenta lo stato generale dei cambiamenti estetici durante gli anni. Più il progetto è recente, più c'è la tendenza di utilizzare combinazioni tra i colori mantenendo una forma semplice sulla facciata dell'edificio, ed in alcuni casi degli edifici con l'uso particolare, (come il laboratorio) le facciate sono volumetriche con forme fuori dalla norma. Mentre l'uso delle facciate uniformi e quasi monocolori con un aspetto ordinario risalgono a più di 15 anni fa.

Da questa ottica, possiamo prendere in considerazione il fatto che, per l'effetto estetico della facciata del nostro progetto, e per via della funzionalità drenante, saremmo sicuramente limitati all'uso di un unico materiale, possiamo utilizzare una combinazione tra i colori, le forme oppure tutti e due senza preoccuparci di

essere lontani dal panorama contemporaneo dello stato estetico delle facciate edilizie.

I risultati numerici di questo confronto sono definiti con queste percentuali:

-	L'uso di colore	
COLORE UNICO:	-----	70%
VARIETA' DEI COLORI:	-----	30%
-	L'uso della forma	
FORMA UNICA:	-----	67%
COMBINAZIONE TRA LE FORME:	-----	33%
-	L'effetto visivo del sistema d'ancoraggio	
GIUNTI IN VISTA:	-----	20%
GIUNTI A SCOMPARSA:	-----	80%
-	L'effetto visivo degli angoli	
ANGOLI RETTI:	-----	74%
ANGOLI CURVI:	-----	26%
-	L'uso del materiale	
MATERIALE UNICO:	-----	84%
COMBINAZIONE TRA I MATERIALI:	-----	16%
-	L'effetto visivo finale	
EFFETTO BIDIMENSIONALE:	-----	87%
EFFETTO TRIDIMENSIONALE:	-----	13%
-	La dimensione	
USO DELLE DIMENSIONI STANDARD:	-----	42%
USO DELLE DIMENSIONI SPECIALI:	-----	58%
-	L'uso del movimento	
USO DEI ELEMENTI FISSI:	-----	87%
USO DEI ELEMENTI MOBILI:	-----	13%

### 4.7 LA CONCLUSIONE DEL CAPITOLO

Alla luce degli obiettivi precedentemente definiti, è stata effettuata questa analisi sui produttori attivi nel settore della facciata ventilata. Ed ora che abbiamo i risultati, si potrebbero definire le caratteristiche che le varie tecnologie attualmente utilizzate in questo settore, hanno in comune.

Una volta individuate, abbiamo cercato di utilizzare questi criteri inserendoli nel concetto tecnologico del nostro progetto; con lo scopo di aumentare la percentuale di compatibilità del nostro sistema con quelli già esistenti sul mercato.

Per raggiungere il massimo di compatibilità con le attuali tecnologie disponibili, il sistema prodotto da questo progetto di ricerca e la sua tecnologia d'installazione, devono avere le seguenti caratteristiche:

- Uso della griglia metallica creata da montanti e traversi per formare la sottostruttura della seconda pelle della facciata esterna, dove i componenti finali del sistema formeranno il volume necessario per immagazzinare l'acqua.
- Uso dei pannelli isolanti tra la parete esterna e la facciata per usufruire dei benefici comportanti da questo strato già studiati in questo capitolo,



#### 4. sistemi per le facciate: prestazioni, tipologie ed analisi morfologica

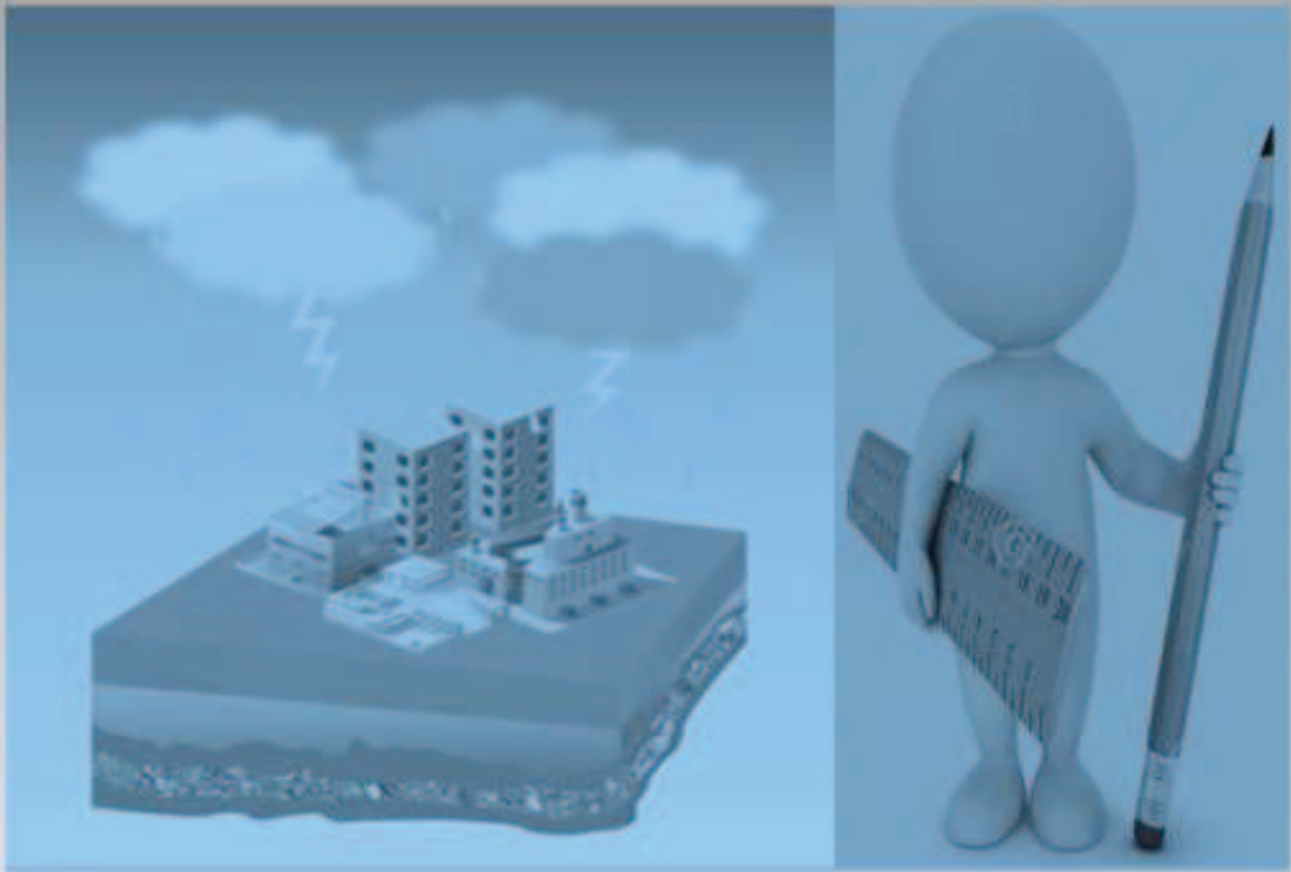
---

- Creare un intercapedine per far circolare aria tra due pelle,
- Utilizzare il sistema d'ancoraggio al fissaggio meccanico o tramite agganci, oppure un misto tra tutti e due,
- Cercare di non superare i 55 kg/mq, come il peso medio dei componenti finali che rivestiranno la facciata e allo stesso tempo formeranno il volume del sistema di questo progetto<sup>27</sup>,
- Possibilità di combinare colori diversi per i componenti finali,
- Possibilità di combinare delle forme diverse per i componenti finali.

NB: considerando le eventuali oscillazioni causate dal movimento dell'acqua sulla parete, bisogna rinforzare la sottostruttura tramite una soluzione accessibile ed economica per il mercato analizzato.

---

<sup>27</sup> Il valore medio di 55 kg/mq è il risultante ottenuto dal peso dei diversi materiali generalmente utilizzati per le facciate ventilate che sono stati rappresentati nel paragrafo 4.3.1 e di questo capitolo.

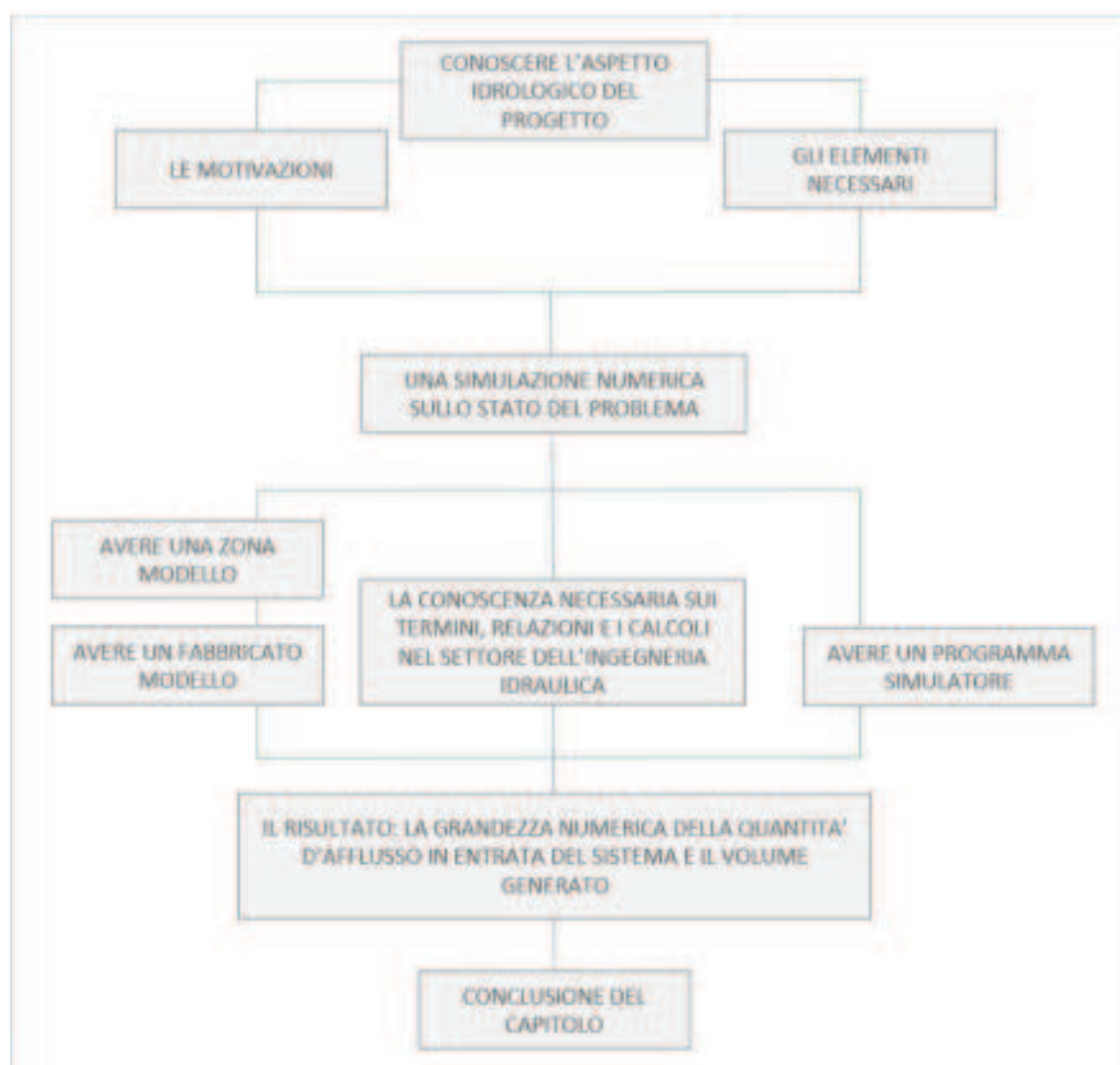


# 5 IDROLOGIA: ANALISI, CALCOLI E LA MODALITA' DELLA SIMULAZIONE NUMERICA DEL PROGETTO





## LAYOUT DEL CAPITOLO



### 5.1 LA SIMULAZIONE NUMERICA DEL PROGETTO: LE MOTIVAZIONI E GLI ELEMENTI NECESSARI

Come sappiamo lo scopo principale di questo progetto di ricerca, ovvero realizzare una rete di drenaggio per le acque meteoriche, sotto l'aspetto e funzionalità della facciata edilizia, necessita di chiarire alcune considerazioni determinanti che fanno parte dei concetti idrologici. Conoscere la quantità del volume dell'acqua meteorica che si vorrà stoccare sulla facciata del fabbricato, sarà una fase assolutamente necessaria per poter progettare i componenti finali del sistema che formeranno, sia questa facciata che la nostra rete verticale di drenaggio, contemporaneamente.

Nel primo e secondo capitolo sono state dimostrate le modalità di gestione delle acque meteoriche, sia nel caso della raccolta e riutilizzo direttamente dalle coperture degli edifici che nel caso dello smaltimento quando rientrano sotto le categorie delle acque reflue. Inoltre abbiamo visto che la superficie verticale degli edifici, ovvero le facciate edilizie, possono assumere un ruolo secondario oltre alle

loro caratteristiche principali per collaborare con la rete di drenaggio urbano, trattenendo il volume dell'acqua meteorica proveniente dalle proprie coperture.

Nel quarto capitolo è stato dimostrato che la miglior categoria che possa assumere questo ruolo tra i sistemi per le facciate edilizie è quella della facciata ventilata per via delle potenzialità morfologiche – prestazionali che possiede.

In questa fase del progetto, in seguito alle dimostrazioni sopracitate, si deve valutare lo stato della fattibilità di questa nuova funzione per le facciate ventilate. Per questi analisi, innanzitutto bisognerà individuare una zona modello in cui prendere un fabbricato come esempio per poter simulare il progetto e valutare i risultati. In questo modo è possibile dimostrare la fattibilità nel creare la nostra rete di drenaggio verticale.

Per avere la grandezza numerica del volume dell'acqua da smaltire tramite la nostra facciata, bisogna prima calcolare la portata pluviale, che per il nostro progetto corrisponde alla quantità dell'afflusso proveniente dalle coperture dell'edificio che entra nel sistema. Questo afflusso deve essere trattenuto per alleggerire il carico finale che defluisce nella rete di drenaggio principale della zona modello.

La portata pluviale generalmente viene calcolata per due obiettivi principali<sup>1</sup>:

- Il dimensionamento della rete fognaria o di parte di essa,
- La verifica del comportamento della rete in occasione di specifici eventi pluviometrici.

Questi stessi obiettivi nel caso del nostro sistema, per avere un quadro più dettagliato, si possono presentare in questo modo:

- Il dimensionamento dei componenti finali del sistema della facciata edilizia, che insieme formeranno una rete verticale di drenaggio,
- La verifica del comportamento di questa rete in occasione di piogge brevi ed intense note come i "temporali", per poter valutare la capacità massima che il sistema può raggiungere e scoprire i momenti critici in cui tale sistema andrà fuori uso a causa del riempimento del volume creato sulla facciata.

Una volta raggiunti questi obiettivi, possiamo avere le idee chiare sullo stato di utilità e rendimento di un progetto simile e quantificarne l'aiuto apportato alla rete fognaria e di drenaggio della zona.

Per fare una simulazione funzionale, abbiamo bisogno di tre fattori fondamentali:

- Una zona già esistente da utilizzare come zona modello del progetto,
- Un fabbricato situato nella zona modello come edificio su cui far operare il nostro sistema.
- Un modello simulatore come un software specifico con cui calcolare tutti i valori necessari per una simulazione precisa.

La zona scelta come modello è la zona industriale di "S.Giovanni di Ostellato", nota come zona "Sipro", che si trova vicino ad Ostellato nel basso Ferrarese. Mentre l'edificio scelto su cui simulare il progetto è un classico capannone di 600 mq (30x20x6,5 m) a due falde situato in questa zona industriale.

Il modello simulatore che è stato scelto per questo progetto di ricerca è il software "HEC-HMS". Più avanti, nel paragrafo 5.3 di questo capitolo, verrà presentato questo programma con cui sono stati calcolati, sia i numeri relativi alla portata defluente dalla copertura del capannone che entra nel sistema, che i numeri relativi alla capacità e rendimento del sistema.

---

<sup>1</sup>TONINI, DOMINGO, 1984

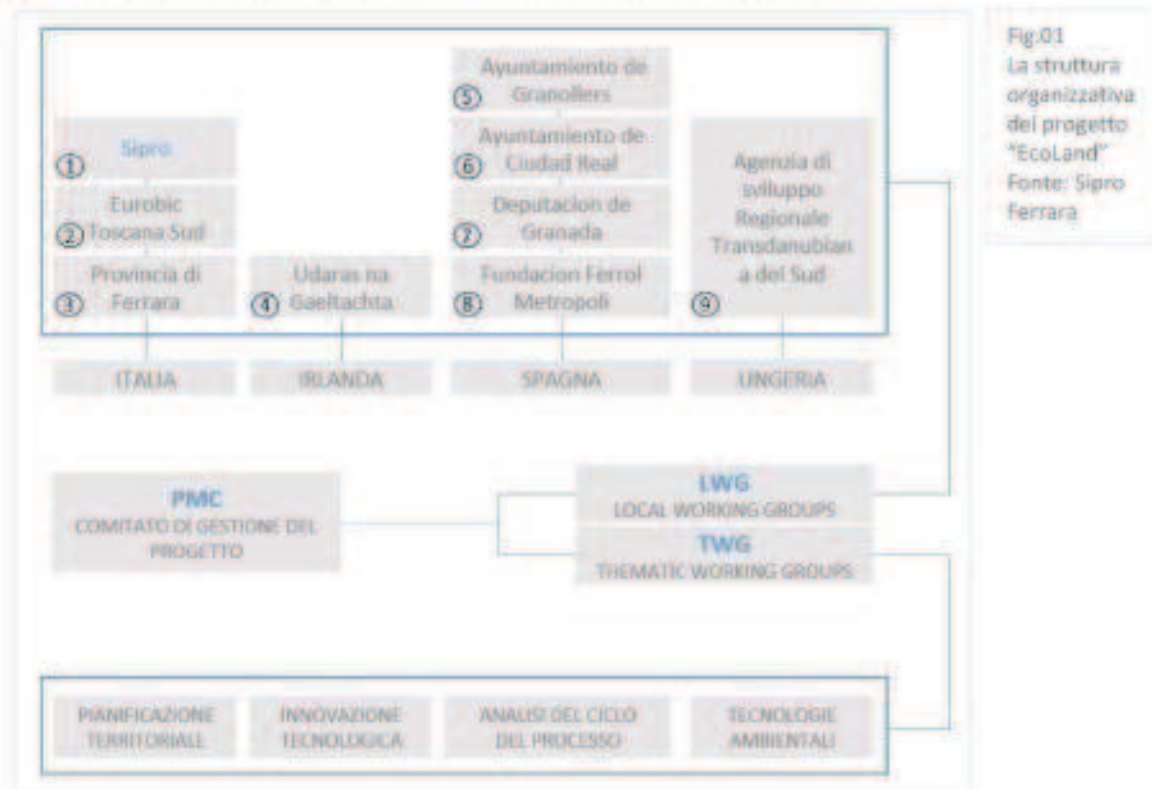


Ma prima presenteremo le caratteristiche della zona modello che abbiamo scelto e i motivi per cui è stata effettuata questa scelta.

### 5.1.1 SIPRO (agenzia per lo sviluppo) <sup>2</sup>

La scelta della zona industriale S.Giovanni di Ostellato come modello per simulare il nostro sistema è legata a determinanti obiettivi per cui questa zona è stata candidata dalla Sipro come una futura "Area Ecologicamente Attrezzata".<sup>3</sup>

La Sipro che è nata nel 1975 come una società di interventi produttivi, a partire dal 1999 è diventata un'agenzia provinciale per lo sviluppo, che insieme alla provincia di Ferrara e un'azienda privata toscana a nome "Eurobic", ha partecipato alla realizzazione delle "AEA" (Aree Ecologicamente Attrezzate).



Nella Fig. 01, vengono presentate le organizzazioni che formano la struttura del progetto "EcoLand", mentre la Fig. 02 dimostra sulla mappa le locazioni di queste organizzazioni.

<sup>2</sup>SIPRO, 2009

<sup>3</sup>IL SITO UFFICIALE DEL SIPRO



Fig.02  
Le locazioni  
dei partner  
che formano  
la struttura  
organizzativa  
del progetto  
"EcoLand"  
(i numeri  
sono riferiti  
alla Fig.01)  
Fonte: Sipro  
Ferrara



La realizzazione delle "AEA" è un progetto Europeo all'interno di un quadro più ampio chiamato "Ecoland". Un progetto che ha come obiettivo generale, massimizzare il livello di qualità ambientale e la sostenibilità produttiva nelle zone industriali e negli ambiti produttivi. Il progetto "Ecoland" è stato approvato e finanziato l'8 aprile 2003 nell'ambito del programma "INTERREG IIIC" zona Est.<sup>4</sup>

<sup>4</sup>il nome del programma è una iniziativa comunitaria del fondo Europeo di sviluppo regionale famoso come "FESR" a favore della cooperazione fra regioni dell'unione europea. Questa iniziativa, rinnovata per la terza volta, per il periodo 2000 – 2006, prende il nome di "INTERREG III, e viene realizzata in tre sezioni (A,B,C). la sezione C riguarda la cooperazione interregionale nell'insieme del territorio europeo e dei paesi vicini, diretto a migliorare lo sviluppo regionale e la coesione comunitaria. L'area Est, di cui il progetto Ecoland fa parte, si stende su un corridoio di territori individuato lungo il fronte est dei paesi dell'unione. (Fonte: Sipro)

La Sipro di Ferrara, sempre nell'ambito di questo progetto Europeo, dopo aver candidato 7 aree produttive in provincia di Ferrara, considerando i parametri necessari per il progetto Ecoland, ha scelto 3 zone industriali in cui procedere con i seguenti obiettivi:

- Elaborazione degli studi e progetti per la definizione e realizzazione delle "AEA",
- Interventi di riqualificazione necessari ed opportuni per raggiungere obiettivi previsti.

Queste 3 zone scelte sono:

- Area Pomposa a Pontequagliotto di Codigoro,
- Area S. Antonio (Ex Marini) di Argenta,
- Area S. Giovanni di Ostellato

### 5.1.2 AEA (Aree Ecologicamente) <sup>5</sup>

Le "AEA" famose anche come "APEA" (Aree Produttive Ecologicamente Attrezzate), sono le aree previste dall'art 26 del D.Lgs. 112/98. Questa normativa stabilisce che le regioni e le provincie autonome disciplinino le aree dotate dei sistemi necessari per garantire la tutela ambientale, la sicurezza e la salute oltre alle loro funzioni naturali e creare infrastrutture che soddisfino tali funzioni.

Nella regione Emilia Romagna, art. A-14 delle L.R 20/2000, definisce le modalità d'uso del suolo, determinando le caratteristiche necessarie, per poter trasformare le aree industriali in quelle ecologicamente attrezzate. Gli obiettivi prestazionali delle "AEA" con lo scopo di aumentare il livello dello standard della qualità ambientale, sono stati approvati in regione nel 2007. In particolare, sono stati definiti i seguenti settori in cui realizzare gli accorgimenti infrastrutturali e gestionali:

- La salubrità e igiene dei luoghi del lavoro,
- Prevenzione e riduzione dell'inquinamento dell'area, dell'acqua e del terreno,
- Lo smaltimento dei rifiuti,
- Trattamento delle acque reflue
- Contenimento del consumo dell'energia e al suo utilizzo efficace,
- Prevenzione, controllo e gestione dei rischi di incidenti rilevanti,
- Adeguata e razionale accessibilità delle persone e delle merci.

Come si vede, il settore di "trattamento delle acque reflue" è uno dei settori indicati dalla regione per formare l'"AEA". In questo settore un progetto come il nostro, che partecipa nel processo dello smaltimento delle acque reflue, può avere una ricaduta positiva. Trattare le acque reflue meteoriche o bianche è un processo che necessita di separare quest'acque dalle acque nere tramite una rete fognaria separata. Ma il nostro sistema grazie alla sua capacità di trattenerne e rallentare il deflusso delle acque bianche già dalle coperture degli edifici, può causare una riduzione dimensionale a favore di queste reti fognarie.

### 5.1.3 area S. Giovanni (nota come zona SIPRO) <sup>5</sup>

---

<sup>5</sup>SIPRO, 2009

<sup>6</sup>SIPRO



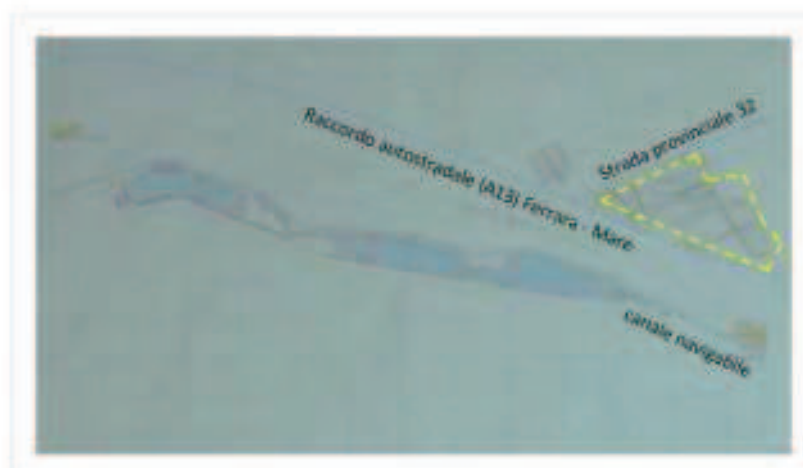
Creata nel 1975 dalla Sipro spa, è considerata un'area produttiva per il Nord-Est della regione Emilia Romagna. Questa zona fa parte del comune di Ostellato (FE) e possiede due aree operative per un totale di 105 ettari. Ma grazie ad un ampliamento approvato nel Novembre 2005 e con la collaborazione della regione, della provincia di Ferrara e del comune di Ostellato e dei fondi del programma speciale dell'area del basso Ferrarese, sono stati aggiunti altri 14 ettari rispetto ai 105 ettari precedenti. Questa nuova area comprende 13 nuovi lotti di taglio dimensionale differenziato urbanizzati e dotati di tutte le infrastrutture necessarie per avviare nuove unità produttive (sotto servizi, predisposizione alla cablatura, ecc.)

Fig.03  
Foto aerea e la planimetria generale, con la posizione del capannone modello di questo progetto, della zona industriale S. Giovanni di Ostellato famosa come zona Sipro.  
Fonte: Sipro Ferrara



Attualmente nell'area ci sono 34 imprese per un totale di circa 1500 addetti. L'area S. Giovanni gode della vicinanza delle infrastrutture di trasporto. Da una parte passa la superstrada Ferrara- Mare che collega l'autostrada A13 (Bologna-Padova) con la strada statale 309 Romea. Inoltre ad ovest esiste l'asse Ferroviario Ferrara- Codigoro con una stazione a Ostellato, e alla fine è presente il canale navigabile che fa parte dell'idrovia Ferrarese.

Fig.04  
La posizione della zona Sipro rispetto alla infrastruttura di trasporto.  
Fonte: Sipro Ferrara



Questa zona, come abbiamo detto prima, è stata scelta come una delle tre zone in cui realizzare i provvedimenti necessari per qualificare lo stato ecologico nei sette settori precedentemente indicati (vedi paragrafo 5.1.2 ). Per questo motivo noi abbiamo scelto la zona di S. Giovanni di Ostellato come la zona modello su cui effettuare la simulazione dello stato di funzionamento del nostro progetto. Calcolare la portata defluente dalla copertura edilizia e il suo volume, sarà il primo passo per fare qualsiasi tipo di simulazione per quanto riguarda un sistema di



drenaggio che vuole gestire l'acqua meteorica. I dati fondamentali che dobbiamo inserire nel modello simulatore Hec-Hms per questa fase di simulazione, sono quelli di precipitazione relativi al contesto e alla grandezza dell'area del bacino. Per noi la grandezza della superficie di captazione, che è equivalente alla copertura del capannone scelto, è considerata come l'area del bacino da presentare a questo software (pari a 600 mq). Mentre per quanto riguarda i dati di precipitazione, ci si deve appoggiare sui dati registrati nella stazione pluviometrica S.Zagno che è quella più vicina alla nostra zona modello.<sup>3</sup>

## 5.2 ORDINI DI AFFERENZA DELLA RETE DEI CANALI E IMPIANTI IDROVORI NELLA VICINANZA DELLA ZONA MODELLO<sup>3</sup>

La stazione pluviometrica di S.Zagno di Codigoro (FE), è la stazione di monitoraggio più vicina alla zona Sipro e si trova nella zona pianeggiante tra Po e Reno. La sua quota sul mare è pari a 2 metri e dal 1890 osserva e registra i dati delle precipitazioni in una zona che comprende anche la nostra area.



Fig.05  
L'impianto idrovoro  
S.Zagno,  
fotoscattata dal  
nord verso sud.  
Sullo sfondo: le  
vallate di Ostellato.  
Fonte: consorzio di  
bonifica di Ferrara

L'acqua reflua smaltita dalla zona Sipro viene canalizzata verso i due sottobacini indicati di seguito tramite questi 3 canali gestiti dal consorzio di bonifica di Ferrara:

- Canale Vasche
- Canale Maestro
- Canale Verginese

La portata consentita dal consorzio per questa zona è pari a 8 litri/secondo/ettaro (considerata come la portata limite ed indicata con  $Q_{limite}$ ). Questo vuol dire che fino a 8 l/s per ogni ettaro della portata defluente può essere scaricata nei canali gestiti dal consorzio, mentre nel caso di una portata superiore da questo limite, scatterebbe un sensore che farebbe chiudere una apposita paratia cambiando la destinazione di quest'acqua dai canali di bonifica alle vasche di laminazione della zona Sipro.

<sup>3</sup>S.ARTINA/G.LALOGGIA/S.PAPIRI, 1997

<sup>4</sup>CONSORZIO DI BONIFICA, PIANURA DI FERRARA

<sup>5</sup>ALESSANDRO BONDESANI, 2011



Per determinare il valore del  $Q_{\text{min}}$ , il consorzio di bonifica considera il valore più alto tra i risultati numerici ottenuti da queste due relazioni:

1. Area di pianificazione X 350 mc/s/ettaro = a
2. Area impermeabilizzata X 500 mc/s/ettaro = b

Cioè:  $Q_{\text{min}}$  = il valore più alto tra a e b

Bisogna ricordare che il valore di 8 l/s è il valore predefinito per ogni ettaro, ciò vuol dire che per la nostra superficie di captazione, ovvero la copertura del nostro capannone modello di 600 mq, il  $Q_{\text{min}}$  sarà pari a 0.0005 l/s.

I due sottobacini che comprendono l'acqua reflua smaltita dalla nostra zona modello sono:

- Sottobacino di 1° livello. Vallette di Ostellato, che comprende le aree umide suprestiti tra il Canale Navigabile e la Bonifica del Mezzano, le cui acque defluiscono nel Circondariale Bando Valle Lepri.

- Sottobacino di 2° livello. San Zagno, che comprende le terre più depresse fra Migliarino, Migliaro, S.Giovanni, Ostellato e Libolla; le acque vengono sollevate dall'impianto Idrovoro S.Zagno (portata 9,3 mc/s) che le immette nel Canale Circondariale Bando Valle Lepri, previo sottopasso in botte del Canale Navigabile.

Come si è detto il Canale Circondariale Bando Valle Lepri fa infine capo all'impianto Idrovoro Lepri Acque Alte (portata 117 mc/s), che scarica nel Canale Navigabile subito a valle della Chiusa-sostegno Lepri.

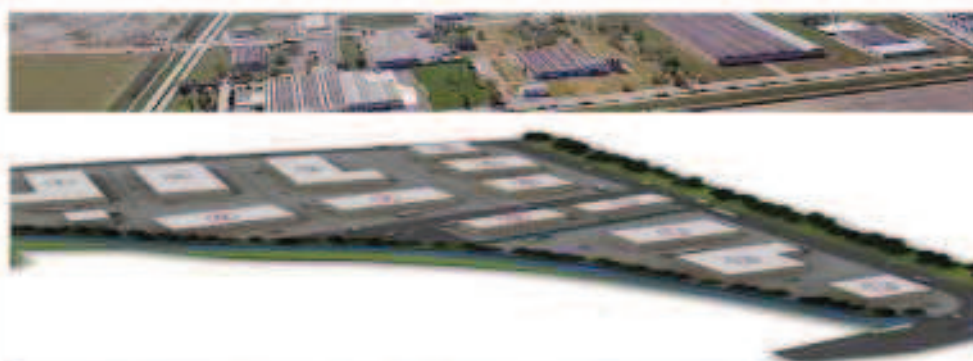
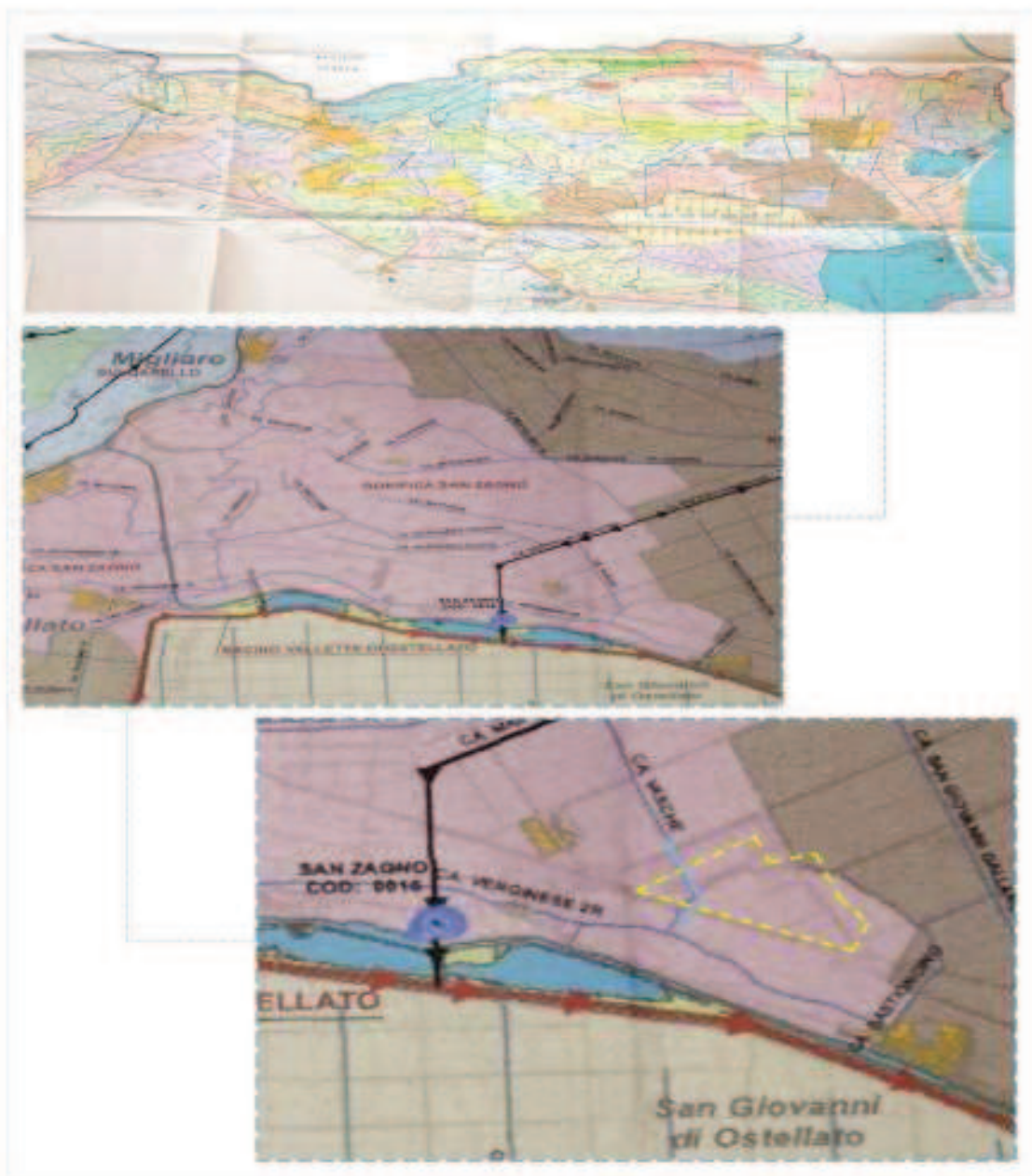


Fig.06  
Le posizioni ed  
ordini di afferenza  
delle reti dei canali  
nella zona modello  
del progetto  
Fonte: consorzio di  
bonifica di Ferrara



Fig.07  
La cartografia di  
bonifica ed  
impianto idrovoro  
di S.Zagno e la  
posizione della  
zona modello del  
progetto rispetto ai  
relativi canali di  
scolo  
Fonte: consorzio di  
bonifica di Ferrara





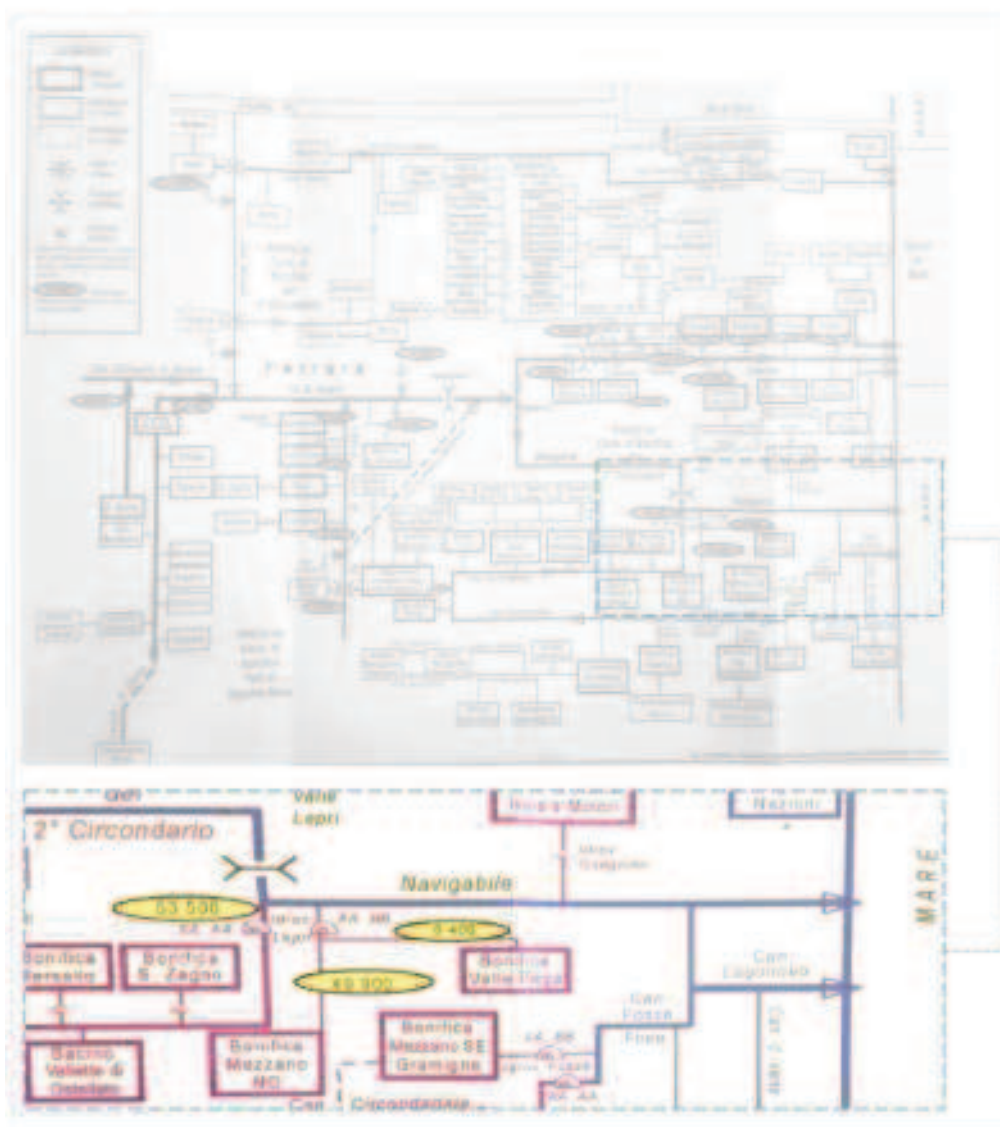


Fig.08  
Schemi delle relazioni idrauliche della pianura di Ferrara e dell'impianto idroelettrico S.Zagno  
Fonte: Piano complessivo per la sicurezza idraulica e la valorizzazione delle risorse idriche nel bacino. Rilasciate dal consorzio di bonifica di Ferrara

### 5.3 HEC – HMS: IL MODELLO SIMULATORE<sup>10</sup>

"Hec – Hms" è un modello simulatore prodotto dal centro d'ingegneria idraulica dell'esercito degli Stati Uniti d'America. Creato e sviluppato a partire dal 1992 in sostituzione di "Hec -1", il software che per anni è stato considerato uno standard per la simulazione idrologica.

Il nuovo Hec – Hms fornisce quasi tutte le stesse funzionalità di simulazione della versione precedente aggiornandosi con i progressi in analisi numerica. Questo programma è oggi considerato un standard ed ampiamente utilizzato per i vari scopi ufficiali nelle varie strutture pubbliche nei diversi paesi del mondo.

Questo software riesce a simulare le precipitazioni, il deflusso e i processi di drenaggio per i sistemi idrologici applicabili nelle varie aree geografiche. Inoltre i dati prodotti da questo programma possono venire utilizzati direttamente o in collaborazione con altri software.

<sup>10</sup>FEMA: FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY, US ARMY CORPS OF ENGINEERS, IDROLOGIC ENGINEERING CENTER



In questo progetto, attraverso questo modello, vengono calcolati i valori della portata affluente al sistema e il deflusso output dal sistema verso la rete fognaria. Inoltre possiamo anche individuare i momenti critici in cui il volume creato da noi sulla facciata edilizia, sarà pieno e comincerà a generare le eccedenze.

### 5.3.1 calcolare i valori Input per il Hec – Hms

Abbiamo detto che per utilizzare il Hec-Hms, bisogna avere i dati necessari che servono al programma come input per poter procedere con la simulazione. Per il nostro progetto abbiamo creato nell'ambito del programma una rete di drenaggio composto da:

- Il bacino che sarebbe la superficie di captazione, ovvero la copertura, del capannone modello
- Il serbatoio di stoccaggio che sarebbe il volume creato dal nostro sistema sulla facciata del capannone
- Una rete by-pass per scaricare le eccedenze che superino la capacità del nostro volume verticale
- Una ricevitore finale considerato come la fognatura della zona

Bisognerebbe sottolineare però, che in questa fase del progetto, poiché non abbiamo ancora a disposizione la grandezza volumetrica dei nostri componenti finali del sistema che definiscono il volume totale creato sulla facciata del capannone, non possiamo simulare tutto il processo di drenaggio. Ma ciò che si deve chiarire in questo capitolo sono i valori della portata affluente nel sistema e il volume che genera nei vari archi di tempo e con vari tempi di ritorno (soprattutto gli eventi inferiori ad un ora noti come piogge brevi ed intense).

Sucessivamente nella fase della progettazione, la stessa fase in cui ci serviranno i dati precisi sulla quantità volumetrica dell'acqua meteorica da smaltire, scopriremo il volume totale che il progetto riesce a creare. A quel punto la simulazione può comprendere tutte le fasi del processo di drenaggio compiuto dal nostro sistema per darci i seguenti risultati: (questi risultati verranno presentati nell'ultimo capitolo)

- La quantità defluente dal sistema nella rete fognaria
- La quantità occupata del volume di stoccaggio relativo a vari tempi di pioggia
- I momenti esatti in cui il nostro volume integrato sulla facciata del capannone si riempierà e comincerà a generare le eccedenze

### 5.4 I CALCOLI IDRAULICI: LA TERMINOLOGIA <sup>11</sup>

Anche se i valori relativi alla portata affluente nel sistema verranno calcolati con "Hec-Hms", i dati di cui il software ha bisogno come input, devono essere calcolati prima. Ma prima di andare avanti, considerando che questo progetto di ricerca riguarda il dipartimento di architettura, si sente la necessità di una sintesi terminologica per definire di concetti idrologici con cui abbiamo a che fare:

---

<sup>11</sup>TONINI, DOMINGO, 1984  
S,ARTINA/G.LALOGGIA/S.PAPIRI, 1997  
U.MOISELLO, 1999  
PASQUALE VERSACE, ?  
GREPPI, M, 1999



Generalmente la quantità di acqua che sotto forma di pioggia raggiunge la superficie terrestre, viene definita come "precipitazione". La stessa quantità viene determinata come un "evento", quando si manifesta in un arco preciso di tempo.

La quantità di acqua precipitata in un evento pluviale, misurata in millimetri (mm), viene indicata come "l'altezza della pioggia,  $H_p$ " (un millimetro di pioggia è equivalente ad un litro d'acqua). Mentre il rapporto tra l'altezza della pioggia ( $H_p$ ) e la durata dell'evento o il "tempo di pioggia, ( $T_p$ )", determina "l'intensità di pioggia, ( $I_p$ )".

I dati dell'altezza della pioggia però, vengono considerati in due modi: i dati reali e i dati statistici. I dati reali sono quelli che vengono registrati nelle stazioni di monitoraggio (nel nostro caso stazione S.Zagno). Mentre i dati statistici della pioggia relativi alla zona modello vengono calcolati con il metodo Gumbel, basandosi sui dati storici dell'altezza massima della pioggia registrata in un anno solare e forniti dalla stessa stazione di monitoraggio. Sia i dati reali che quelli statistici della pioggia, serviranno per calcolare "la portata pluviale,  $Q$ " che sarebbe l'afflusso totale che entra nel sistema di drenaggio. I dati reali sono già registrati ma per avere quelli statistici bisogna prima definire una relazione statistica tra " $H_p$ " e " $T_p$ ".

Per avere una relazione statistica tra le altezze massime e le durate di pioggia in una determinata zona, si creano "le curve di possibilità pluviometrica" o climatica. La funzione che solitamente in Italia viene utilizzata sarebbe:  $H_p = a \cdot T_p^{-n}$ , dove " $a$ " e " $n$ " sono i parametri caratteristici di una determinata stazione pluviometrica (" $n$ " è un parametro definito sempre minore a 1). Questi parametri vengono calcolati attraverso un modello probabilistico, per questo progetto Gumbel, in relazione con il "tempo di ritorno,  $T_r$ " e gli eventi con le durate predefinite. (in questo progetto: 0,5, 1, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 ore).

"il tempo di ritorno,  $T_r$ " è un numero che rappresenta un intervallo di anni preso in analisi, del quale consideriamo tutti gli eventi piovosi riguardanti una specifica zona. Più l'intervallo sarà ampio e maggiori saranno le possibilità che includa eventi piovosi di entità straordinaria.

Una volta che i dati necessari per calcolare la portata " $Q$ " siano a disposizione, si può procedere utilizzando uno dei veri metodi. Uno dei metodi più utilizzati per questo calcolo è "il metodo razionale": Proposto nel 1780 da Mulvaney, è stato pensato per i piccoli bacini che siano praticamente impermeabili e poco estesi. In questo metodo il valore " $Q$ " viene calcolato attraverso questa funzione:

$$Q_{max} = C \cdot I(t_c) \cdot A$$

Dove :

$Q_{max}$  : è la portata massima uscente da un bacino idrografico

$\phi$  : è un coefficiente d'afflusso

$I(t_c)$  : è l'intensità di pioggia corrispondente al "tempo di corrivazione,  $T_r$ "

$A$  : è l'area del bacino

Il "tempo di corrivazione,  $T_r$ " del bacino è considerato il tempo impiegato da una goccia d'acqua, posta nel punto idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura per raggiungere tale sezione.

Anche se ad ogni punto del bacino corrisponde un particolare valore del tempo di corrivazione, quello che si intende nella relazione sopracitata sarebbe il valore massimo, cioè, il tempo più lungo impiegato dalla goccia più lontana.

"il coefficiente d'afflusso,  $\phi$ " o di assorbimento, tecnicamente rappresenta il rapporto tra il volume totale defluito nella sezione di chiusura del bacino e il volume totale di pioggia caduta sullo stesso bacino. Ma nella pratica viene considerato un valore costante che in base alla natura del contesto e il materiale del suolo, si esprime con i seguenti valori:

TIPOLOGIA URBANA	$\phi$
Parti centrali delle antiche città, con densa fabbricazione, con strade strette e lastricate	0,70 – 0,90
Zone urbane destinate a restare con scarse aree scoperte	0,50 – 0,70
Zone urbane destinate al tipo di città giardino	0,25 – 0,35
Zone urbane destinate a restare non fabbricate e non pavimentate	0,10 – 0,30
Prati e paschi	0,00 – 0,25

Oppure:

TIPOLOGIA URBANA	$\phi$
Costruzioni dense	0,80
Costruzioni sparse	0,60
Aree con grandi cortili e grandi giardini	0,50
Zone e villini	0,30 – 0,40
Cimiteri, prati e zone non destinate né a costruzioni né a strade	0,20
Parchi e boschi	0,00 – 0,10

## 5.5 LA PRIMA FASE DELLA SIMULAZIONE: I DATI E I VALORI NECESSARI

Ora che abbiamo le idee più chiare sulla terminologia delle voci con cui abbiamo a che fare, in questa fase del progetto possiamo dimostrare lo stato numerico di questi valori.

Con i seguenti numeri che rappresentano le serie storiche dei valori massimi della pioggia, registrati nella stazione di monitoraggio S.Zagno in 20 anni precedenti, abbiamo calcolato "H<sub>p</sub>" con il metodo probabilistico di Gumbel.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> ARPA, Agenzia regionale prevenzione e ambiente, regione Emilia Romagna, servizio Idrometeorologico, area Idrologia, analisi idrologici



## 5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

Anno 1992

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	12,2	8 settembre
30 min	16,2	14 settembre
45 min	21,2	14 settembre
1 ora	21,4	14 settembre
3 ore	25,8	14 settembre
6 ore	26,4	22 ottobre
12 ore	34,0	5 maggio
24 ore	48,8	17 aprile
48 ore	67,4	15/18 aprile
72 ore	61,4	4/6 maggio

Anno 1993

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	5,2	30 maggio
30 min	10,6	18 luglio
45 min	14,0	18 luglio
1 ora	16,0	18 luglio
3 ore	27,0	18 luglio
6 ore	44,8	18 luglio
12 ore	55,6	7 dicembre
24 ore	87,4	7 dicembre
48 ore	76,0	8/9 dicembre
72 ore	56,6	3/10 dicembre

Anno 1993

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	15,2	21 luglio
30 min	21,8	21 luglio
45 min	25,0	21 luglio
1 ora	28,4	21 luglio
3 ore	40,2	21 luglio
6 ore	46,2	21 luglio
12 ore	55,2	21 luglio
24 ore	58,2	21 luglio
48 ore	60,6	21/23 luglio
72 ore	60,6	22/24 luglio

Anno 1995

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	12,6	18 agosto
30 min	17,4	18 agosto
45 min	22,6	18 agosto
1 ora	26,8	18 agosto
3 ore	38,6	18 agosto
6 ore	62,4	18 agosto
12 ore	101,8	18 agosto
24 ore	141,8	18 agosto
48 ore	171,4	18/19 agosto
72 ore	138	17/19 agosto

Anno 1996

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	12,6	18 settembre
30 min	18,8	18 settembre
45 min	24,6	18 settembre
1 ora	26,8	18 settembre
3 ore	40,4	18 settembre
6 ore	41,4	18 settembre
12 ore	55,6	12 maggio
24 ore	68,0	11 maggio
48 ore	68,0	12 /13 maggio
72 ore	72,0	13/14 maggio

Anno 1997

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	12,6	14 giugno
30 min	21,0	14 giugno
45 min	26,4	14 giugno
1 ora	28,2	15 agosto
3 ore	35,2	15 agosto
6 ore	65,4	15 agosto
12 ore	48,0	5 maggio
24 ore	48,4	5 maggio
48 ore	70,6	16/17 agosto
72 ore	55,8	22 nov/1 dicembre



## 5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

Anno 1998

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
15 min	8,8	13 luglio
30 min	14,0	13 luglio
45 min	17,8	15 luglio
1 ora	19,0	15 luglio
3 ore	21,4	24 maggio
6 ore	31,0	26 settembre
12 ore	40,8	29 maggio
24 ore	43,4	28 maggio
48 ore	58,2	6/7 ottobre
72 ore	68,4	1/7 ottobre

Anno 1999

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
15 min	5,2	1 maggio
30 min	14,6	3 maggio
45 min	22,8	3 maggio
1 ora	30,0	3 maggio
3 ore	36,4	5 maggio
6 ore	57,2	7 novembre
12 ore	46,8	8 novembre
24 ore	58,2	6 novembre
48 ore	75,6	6/7 novembre
72 ore	76,2	6/7 novembre

Anno 2000

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
15 min	15,2	5 agosto
30 min	22,0	5 agosto
45 min	23,8	5 agosto
1 ora	25,4	5 agosto
3 ore	31,0	8 luglio
6 ore	34,2	8 luglio
12 ore	34,8	2 ottobre
24 ore	38,2	2 ottobre
48 ore	48,8	2/3 ottobre
72 ore	54,8	2/4 ottobre

Anno 2001

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
15 min	16,4	11 agosto
30 min	20,4	11 agosto
45 min	26,4	17 agosto
1 ora	26,4	11 agosto
3 ore	26,4	11 agosto
6 ore	40,8	11 agosto
12 ore	46,8	11 agosto
24 ore	57,0	10 agosto
48 ore	59,0	11/12 agosto
72 ore	57,0	11/13 agosto

Anno 2002

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
15 min	14,6	13 luglio
30 min	21,0	13 luglio
45 min	31,4	13 luglio
1 ora	34,6	13 luglio
3 ore	40,8	13 luglio
6 ore	47,2	13 luglio
12 ore	47,2	18 luglio
24 ore	48,8	14 luglio
48 ore	76,8	19/18 luglio
72 ore	83,0	14/18 luglio

Anno 2003

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
15 min	13,6	20 giugno
30 min	17,0	28 giugno
45 min	17,6	28 giugno
1 ora	18,6	28 giugno
3 ore	23,4	28 giugno
6 ore	33,8	2 marzo
12 ore	40,2	2 marzo
24 ore	42,2	2 marzo
48 ore	49,2	3/4 marzo
72 ore	48,0	27/28 giugno

## 5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

Anno 2004

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	16,6	2 agosto
30 min	21,4	4 agosto
45 min	30,2	3 agosto
1 ora	48,2	3 agosto
3 ore	37,0	3 agosto
6 ore	56,4	4 agosto
12 ore	60,0	3 agosto
24 ore	61,8	3 agosto
48 ore	61,4	3/4 agosto
72 ore	61,2	3/5 agosto

Anno 2005

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	11,3	10 luglio
30 min	20,0	10 luglio
45 min	32,2	10 luglio
1 ora	34,2	10 luglio
3 ore	33,6	27 agosto
6 ore	36,2	28 agosto
12 ore	43,2	27 agosto
24 ore	44,0	27 agosto
48 ore	45,0	26/29 agosto
72 ore	45,0	26/30 agosto

Anno 2006

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	7,3	3 agosto
30 min	11,3	27 agosto
45 min	11,6	22 agosto
1 ora	16,2	15 settembre
3 ore	26,0	26 settembre
6 ore	28,8	16 settembre
12 ore	40,0	16 settembre
24 ore	32,0	16 settembre
48 ore	51,4	17/18 settembre
72 ore	60,2	15/17 settembre

Anno 2007

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	13,3	3 agosto
30 min	16,4	3 agosto
45 min	21,2	7 giugno
1 ora	27,4	7 giugno
3 ore	41,8	7 giugno
6 ore	44,0	7 giugno
12 ore	44,0	7 giugno
24 ore	48,3	3 maggio
48 ore	50,0	4/5 maggio
72 ore	51,0	4/5 maggio

Anno 2008

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	18,3	27 luglio
30 min	26,0	27 luglio
45 min	26,4	27 luglio
1 ora	26,8	27 luglio
3 ore	33,8	27 luglio
6 ore	29,0	27 luglio
12 ore	29,0	27 luglio
24 ore	24,0	27 luglio
48 ore	60,0	30 nov/1 dic
72 ore	47,0	29 nov/1 dic

Anno 2009

Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	12,3	9 novembre
30 min	17,2	9 novembre
45 min	21,4	9 novembre
1 ora	23,4	9 novembre
3 ore	33,8	9 novembre
6 ore	33,6	9 novembre
12 ore	44,2	5 maggio
24 ore	44,2	5 maggio
48 ore	51,0	9/10 novembre
72 ore	51,0	9/11 novembre

## 5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

Anno 2010			Anno 2011		
Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento	Intervallo del Tempo (min e ore)	Precipitazione massima (in millimetri)	La data del evento
5 min	22,6	13 agosto	5 min	13,8	7 giugno
30 min	31,8	2 agosto	30 min	15,6	10 luglio
45 min	34,2	3 agosto	45 min	17,0	10 luglio
1 ora	35,0	2 agosto	1 ora	18,2	10 luglio
3 ore	47,0	20 giugno	3 ore	21,4	10 luglio
6 ore	68,8	20 giugno	6 ore	24,8	10 luglio
12 ore	79,8	20 giugno	12 ore	24,8	10 luglio
24 ore	80,8	21 giugno	24 ore	24,8	20 luglio
48 ore	87,0	20/21 giugno	48 ore	25,4	10 giugno
72 ore	87,0	20/21 marzo	72 ore	35,8	14/16 marzo

Considerando i valori massimi delle dati sopracitati dal 1991 al 2011, ci risulta la seguente tabella;

Fig.09  
Le serie storiche delle  
massime piogge breve  
ed intense  
Fonte: stazione  
idrovoce 5.Zagno di  
Codigoro

Anno	15	30	45	60	180	360	720
1991	12,2	16,2	21,2	21,4	21,6	26,4	34,0
1992	8,8	10,6	14,0	16,0	27,0	44,8	55,4
1993	15,2	21,8	25,0	28,4	40,2	46,2	53,2
1994	8,8	10,6	14,0	16,0	27,0	44,8	55,4
1995	12,4	17,4	22,6	26,8	55,6	82,4	102,8
1996	11,6	18,8	24,6	29,6	43,4	43,4	53,6
1997	12,6	21,0	26,4	29,2	35,2	39,4	48,0
1998	9,6	14,0	17,6	19,0	21,6	31,0	40,8
1999	9,2	14,6	17,6	20,0	30,4	37,2	46,8
2000	15,2	22,0	25,8	25,4	29,0	34,2	34,6
2001	16,4	26,4	26,4	26,4	26,4	46,6	46,6
2002	14,6	21,0	32,4	34,6	60,6	67,2	67,2
2003	13,6	17,0	17,8	18,6	22,4	33,8	40,2
2004	16,6	25,4	39,2	48,2	57,8	59,6	60,0
2005	11,6	20,0	22,2	24,2	33,6	36,2	62,2
2006	7,6	11,8	13,6	16,2	26,0	39,8	45,0
2007	15,8	16,4	21,2	27,4	41,6	44,0	44,0
2008	19,8	26,0	26,4	26,6	28,8	29,0	29,0
2009	12,4	17,2	21,4	25,4	33,4	33,6	44,2
2010	22,6	31,8	34,2	35,0	47,0	68,8	79,8
2011	13,6	15,6	17,0	18,2	21,4	24,8	24,8



## 5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

	15	30	45	60	180	360	720
Media	12,9	18,4	22,8	25,2	34,8	43,7	50,8
Dev. St.	9,22	4,84	6,54	7,63	11,89	13,6	17,1
a	0,39900	0,26507	0,19627	0,16623	0,10798	0,09456	0,07498
n	11,421	16,212	19,851	21,792	29,418	37,566	43,143

Fig.10

Le grandezze statistiche delle serie storiche pluviometriche calcolate con il metodo Gumbel

Tr	n	a
2	0,340	22,20
5	0,357	28,15
10	0,365	32,08
20	0,370	35,85
25	0,372	37,05
50	0,376	40,73
100	0,380	44,38
200	0,383	48,02
500	0,386	52,82

$$h_p = a \cdot T_p^n$$

$h_p$ : altezza di pioggia in millimetri

$T_p$ : tempo di pioggia in ore

$Tr$ : tempo di ritorno in anni

Fig.11

Le altezze di pioggia secondo la distribuzione Gumbel (calcolo tramite la relazione tra altezza di pioggia e i valori di "a" e "n")

Tr	15	30	45	60	180	360	720
2	12,3	17,6	21,7	24,0	32,8	41,4	48,0
5	15,2	21,9	27,5	30,7	43,9	53,4	63,1
10	17,1	24,7	31,5	35,2	50,3	61,4	73,2
20	18,9	27,4	35,0	39,4	56,9	69,0	82,8
25	19,4	28,3	36,1	40,8	59,0	71,4	85,8
50	21,2	30,9	38,7	45,0	65,6	79,8	95,2
100	22,9	33,6	43,3	49,1	72,0	86,2	104,5
200	24,7	36,2	46,8	53,3	78,5	93,6	113,6
500	27,0	39,7	51,5	58,7	87,0	103,3	126,0

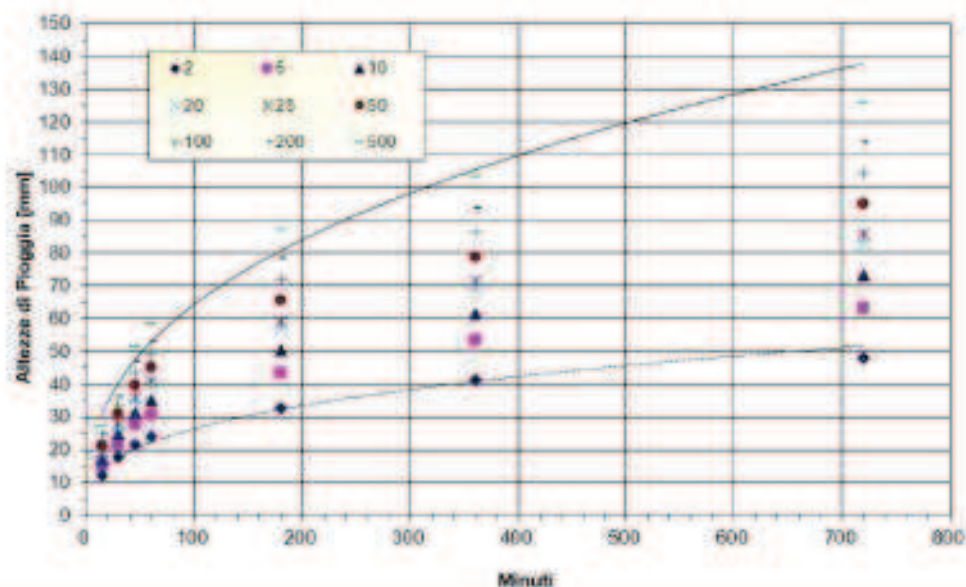


Fig.12

Le curve segnaletriche di possibilità climatica



## **5.6 LA SECONDA FASE DELLA SIMULAZIONE: I CALCOLI DELLA PORTATA E GLI SCHEMI RELATIVI**

Per calcolare i valori della portata defluente dalla copertura del capannone modello e affluente nel nostro sistema è stato considerato nel simulatore Hec-Hms, un arco di tempo di 12 ore di pioggia in cui monitorare le variazioni di tali valori ad ogni 5 minuti.

Nel programma sono stati inseriti i dati statistici della pioggia, dimostrati nel paragrafo precedente, con i tempi di ritorno ai 2, 10, 20 e 50 anni e gli eventi reali e più significativi di pioggia nell'anno 2012.

Inoltre, considerando la quantità della portata in un arco preciso di tempo, è stata calcolata la grandezza numerica del volume generato che verrà presentata tramite le tabelle e gli schemi. Mentre è da sottolineare che i valori dei tempi di pioggia dei 15, 30, 45, 60 minuti e successivamente delle 3, 6 e 12 ore saranno evidenziati sulle stesse tabelle:







## 5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

TEMPO DI RITORNO: 2 ANNI

DATE	PIOGGIA (MM)	APFLUSSO (M3/S)	LA PORTATA LIMITE (M3/S)	VOLUME D'APFLUSSO (M3)
01/01/2008 13:00	0	0,0000	0,0000	5,20
01/01/2008 13:45	0	0,0000	0,0000	5,7
01/01/2008 14:30	0	0,0000	0,0000	5,30
01/01/2008 15:15	0	0,0000	0,0000	5,4
01/01/2008 16:00	0	0,0000	0,0000	5,20
01/01/2008 16:45	0	0,0000	0,0000	5,3
01/01/2008 17:30	0	0,0000	0,0000	4,80
01/01/2008 18:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 19:00	0	0,0000	0,0000	4,80
01/01/2008 19:45	0	0,0000	0,0000	5,3
01/01/2008 20:30	0	0,0000	0,0000	5,3
01/01/2008 21:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 22:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 22:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 23:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 24:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 25:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 25:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 26:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 27:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 28:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 28:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 29:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 30:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 31:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 31:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 32:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 33:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 34:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 34:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 35:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 36:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 37:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 37:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 38:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 39:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 40:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 40:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 41:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 42:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 43:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 43:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 44:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 45:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 46:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 46:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 47:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 48:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 49:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 49:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 50:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 51:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 52:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 52:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 53:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 54:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 55:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 55:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 56:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 57:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 58:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 58:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 59:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 60:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 61:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 61:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 62:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 63:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 64:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 64:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 65:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 66:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 67:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 67:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 68:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 69:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 70:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 70:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 71:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 72:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 73:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 73:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 74:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 75:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 76:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 76:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 77:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 78:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 79:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 79:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 80:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 81:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 82:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 82:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 83:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 84:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 85:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 85:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 86:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 87:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 88:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 88:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 89:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 90:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 91:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 91:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 92:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 93:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 94:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 94:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 95:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 96:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 97:00	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 97:45	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 98:30	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 99:15	0	0,0000	0,0000	4,8
01/01/2008 100:00	0	0,0000	0,0000	4,8

















5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

**TEMPO DI RITORNO: 20 ANNI**

DATE	ACQUA (MM)	EFFLUSSO (M3/S)	LA PIENA LIBERE (M3/S)	VOLUME D'APPROSS. (M3)
01/01/2013 00:00		0,0000	0,0000	0
01/01/2013 00:30	4,5	0,0013	0,0000	0,18
01/01/2013 01:00	4,5	0,0030	0,0000	0,90
01/01/2013 01:30	4,5	0,0045	0,0000	2,25
01/01/2013 02:00	4,5	0,0058	0,0000	3,58
01/01/2013 02:30	4,5	0,0064	0,0000	5,42
01/01/2013 03:00	4,5	0,0072	0,0000	7,83
01/01/2013 03:30	4,5	0,0080	0,0000	9,81
01/01/2013 04:00	4,5	0,0086	0,0000	12,48
01/01/2013 04:30	4,5	0,0090	0,0000	15,78
01/01/2013 05:00	4,5	0,0094	0,0000	19,71
01/01/2013 05:30	4,5	0,0098	0,0000	24,28
01/01/2013 06:00	4,5	0,0100	0,0000	29,58
01/01/2013 06:30	4,5	0,0102	0,0000	35,61
01/01/2013 07:00	4,5	0,0103	0,0000	42,36
01/01/2013 07:30	4,5	0,0104	0,0000	49,83
01/01/2013 08:00	4,5	0,0104	0,0000	57,93
01/01/2013 08:30	4,5	0,0103	0,0000	66,66
01/01/2013 09:00	4,5	0,0102	0,0000	76,01
01/01/2013 09:30	4,5	0,0101	0,0000	85,98
01/01/2013 10:00	4,5	0,0100	0,0000	96,57
01/01/2013 10:30	4,5	0,0099	0,0000	107,78
01/01/2013 11:00	4,5	0,0098	0,0000	119,61
01/01/2013 11:30	4,5	0,0097	0,0000	132,06
01/01/2013 12:00	4,5	0,0096	0,0000	145,13
01/01/2013 12:30	4,5	0,0095	0,0000	158,82
01/01/2013 13:00	4,5	0,0094	0,0000	173,13
01/01/2013 13:30	4,5	0,0093	0,0000	188,06
01/01/2013 14:00	4,5	0,0092	0,0000	203,61
01/01/2013 14:30	4,5	0,0091	0,0000	219,78
01/01/2013 15:00	4,5	0,0090	0,0000	236,57
01/01/2013 15:30	4,5	0,0089	0,0000	254,08
01/01/2013 16:00	4,5	0,0088	0,0000	272,31
01/01/2013 16:30	4,5	0,0087	0,0000	291,26
01/01/2013 17:00	4,5	0,0086	0,0000	310,93
01/01/2013 17:30	4,5	0,0085	0,0000	331,32
01/01/2013 18:00	4,5	0,0084	0,0000	352,43
01/01/2013 18:30	4,5	0,0083	0,0000	374,26
01/01/2013 19:00	4,5	0,0082	0,0000	396,81
01/01/2013 19:30	4,5	0,0081	0,0000	420,08
01/01/2013 20:00	4,5	0,0080	0,0000	444,07
01/01/2013 20:30	4,5	0,0079	0,0000	468,78
01/01/2013 21:00	4,5	0,0078	0,0000	494,21
01/01/2013 21:30	4,5	0,0077	0,0000	520,36
01/01/2013 22:00	4,5	0,0076	0,0000	547,23
01/01/2013 22:30	4,5	0,0075	0,0000	574,82
01/01/2013 23:00	4,5	0,0074	0,0000	603,13
01/01/2013 23:30	4,5	0,0073	0,0000	632,16
01/01/2014 00:00	4,5	0,0072	0,0000	661,91
01/01/2014 00:30	4,5	0,0071	0,0000	692,38
01/01/2014 01:00	4,5	0,0070	0,0000	723,57
01/01/2014 01:30	4,5	0,0069	0,0000	755,48
01/01/2014 02:00	4,5	0,0068	0,0000	788,11
01/01/2014 02:30	4,5	0,0067	0,0000	821,46
01/01/2014 03:00	4,5	0,0066	0,0000	855,53
01/01/2014 03:30	4,5	0,0065	0,0000	890,32
01/01/2014 04:00	4,5	0,0064	0,0000	925,83
01/01/2014 04:30	4,5	0,0063	0,0000	962,06
01/01/2014 05:00	4,5	0,0062	0,0000	998,99
01/01/2014 05:30	4,5	0,0061	0,0000	1036,62
01/01/2014 06:00	4,5	0,0060	0,0000	1074,95
01/01/2014 06:30	4,5	0,0059	0,0000	1113,98
01/01/2014 07:00	4,5	0,0058	0,0000	1153,71
01/01/2014 07:30	4,5	0,0057	0,0000	1194,14
01/01/2014 08:00	4,5	0,0056	0,0000	1235,27
01/01/2014 08:30	4,5	0,0055	0,0000	1277,09
01/01/2014 09:00	4,5	0,0054	0,0000	1319,60
01/01/2014 09:30	4,5	0,0053	0,0000	1362,81
01/01/2014 10:00	4,5	0,0052	0,0000	1406,72
01/01/2014 10:30	4,5	0,0051	0,0000	1451,33
01/01/2014 11:00	4,5	0,0050	0,0000	1496,64
01/01/2014 11:30	4,5	0,0049	0,0000	1542,65
01/01/2014 12:00	4,5	0,0048	0,0000	1589,36
01/01/2014 12:30	4,5	0,0047	0,0000	1636,77
01/01/2014 13:00	4,5	0,0046	0,0000	1684,88
01/01/2014 13:30	4,5	0,0045	0,0000	1733,69
01/01/2014 14:00	4,5	0,0044	0,0000	1783,20
01/01/2014 14:30	4,5	0,0043	0,0000	1833,41
01/01/2014 15:00	4,5	0,0042	0,0000	1884,32
01/01/2014 15:30	4,5	0,0041	0,0000	1935,93
01/01/2014 16:00	4,5	0,0040	0,0000	1988,24
01/01/2014 16:30	4,5	0,0039	0,0000	2041,25
01/01/2014 17:00	4,5	0,0038	0,0000	2094,96
01/01/2014 17:30	4,5	0,0037	0,0000	2149,37
01/01/2014 18:00	4,5	0,0036	0,0000	2204,48
01/01/2014 18:30	4,5	0,0035	0,0000	2260,29
01/01/2014 19:00	4,5	0,0034	0,0000	2316,80
01/01/2014 19:30	4,5	0,0033	0,0000	2374,01
01/01/2014 20:00	4,5	0,0032	0,0000	2431,92
01/01/2014 20:30	4,5	0,0031	0,0000	2490,53
01/01/2014 21:00	4,5	0,0030	0,0000	2549,84
01/01/2014 21:30	4,5	0,0029	0,0000	2609,85
01/01/2014 22:00	4,5	0,0028	0,0000	2670,56
01/01/2014 22:30	4,5	0,0027	0,0000	2731,97
01/01/2014 23:00	4,5	0,0026	0,0000	2794,08
01/01/2014 23:30	4,5	0,0025	0,0000	2856,89
01/01/2015 00:00	4,5	0,0024	0,0000	2920,40
01/01/2015 00:30	4,5	0,0023	0,0000	2984,61
01/01/2015 01:00	4,5	0,0022	0,0000	3049,62
01/01/2015 01:30	4,5	0,0021	0,0000	3115,43
01/01/2015 02:00	4,5	0,0020	0,0000	3182,04
01/01/2015 02:30	4,5	0,0019	0,0000	3249,45
01/01/2015 03:00	4,5	0,0018	0,0000	3317,66
01/01/2015 03:30	4,5	0,0017	0,0000	3386,67
01/01/2015 04:00	4,5	0,0016	0,0000	3456,48
01/01/2015 04:30	4,5	0,0015	0,0000	3527,09
01/01/2015 05:00	4,5	0,0014	0,0000	3598,50
01/01/2015 05:30	4,5	0,0013	0,0000	3670,71
01/01/2015 06:00	4,5	0,0012	0,0000	3743,72
01/01/2015 06:30	4,5	0,0011	0,0000	3817,53
01/01/2015 07:00	4,5	0,0010	0,0000	3892,14
01/01/2015 07:30	4,5	0,0009	0,0000	3967,55
01/01/2015 08:00	4,5	0,0008	0,0000	4043,76
01/01/2015 08:30	4,5	0,0007	0,0000	4120,77
01/01/2015 09:00	4,5	0,0006	0,0000	4198,58
01/01/2015 09:30	4,5	0,0005	0,0000	4277,19
01/01/2015 10:00	4,5	0,0004	0,0000	4356,60
01/01/2015 10:30	4,5	0,0003	0,0000	4436,81
01/01/2015 11:00	4,5	0,0002	0,0000	4517,82
01/01/2015 11:30	4,5	0,0001	0,0000	4599,63
01/01/2015 12:00	4,5	0,0000	0,0000	4682,24
01/01/2015 12:30	4,5	0,0000	0,0000	4765,65
01/01/2015 13:00	4,5	0,0000	0,0000	4849,86
01/01/2015 13:30	4,5	0,0000	0,0000	4934,87
01/01/2015 14:00	4,5	0,0000	0,0000	5020,68
01/01/2015 14:30	4,5	0,0000	0,0000	5107,29
01/01/2015 15:00	4,5	0,0000	0,0000	5194,70
01/01/2015 15:30	4,5	0,0000	0,0000	5282,91
01/01/2015 16:00	4,5	0,0000	0,0000	5371,92
01/01/2015 16:30	4,5	0,0000	0,0000	5461,73
01/01/2015 17:00	4,5	0,0000	0,0000	5552,34
01/01/2015 17:30	4,5	0,0000	0,0000	5643,75
01/01/2015 18:00	4,5	0,0000	0,0000	5735,96
01/01/2015 18:30	4,5	0,0000	0,0000	5828,97
01/01/2015 19:00	4,5	0,0000	0,0000	5922,78
01/01/2015 19:30	4,5	0,0000	0,0000	6017,39
01/01/2015 20:00	4,5	0,0000	0,0000	6112,80
01/01/2015 20:30	4,5	0,0000	0,0000	6209,01
01/01/2015 21:00	4,5	0,0000	0,0000	6306,02
01/01/2015 21:30	4,5	0,0000	0,0000	6403,83
01/01/2015 22:00	4,5	0,0000	0,0000	6502,44
01/01/2015 22:30	4,5	0,0000	0,0000	6601,85
01/01/2015 23:00	4,5	0,0000	0,0000	6702,06
01/01/2015 23:30	4,5	0,0000	0,0000	6803,07
01/01/2016 00:00	4,5	0,0000	0,0000	6904,88
01/01/2016 00:30	4,5	0,0000	0,0000	7007,49
01/01/2016 01:00	4,5	0,0000	0,0000	7110,90
01/01/2016 01:30	4,5	0,0000	0,0000	7215,11
01/01/2016 02:00	4,5	0,0000	0,0000	7320,22
01/01/2016 02:30	4,5	0,0000	0,0000	7426,13
01/01/2016 03:00	4,5	0,0000	0,0000	7532,84
01/01/2016 03:30	4,5	0,0000	0,0000	7640,35
01/01/2016 04:00	4,5	0,0000	0,0000	7748,66
01/01/2016 04:30	4,5	0,0000	0,0000	7857,77
01/01/2016 05:00	4,5	0,0000	0,0000	7967,68
01/01/2016 05:30	4,5	0,0000	0,0000	8078,39
01/01/2016 06:00	4,5	0,0000	0,0000	8189,90
01/01/2016 06:30	4,5	0,0000	0,0000	8302,21
01/01/2016 07:00	4,5	0,0000	0,0000	8415,32
01/01/2016 07:30	4,5	0,0000	0,0000	8529,23
01/01/2016 08:00	4,5	0,0000	0,0000	8643,94
01/01/2016 08:30	4,5	0,0000	0,0000	8759,45
01/01/2016 09:00	4,5	0,0000	0,0000	8875,76
01/01/2016 09:30	4,5	0,0000	0,0000	8992,87
01/01/2016 10:00	4,5	0,0000	0,0000	9110,78
01/01/2016 10:30	4,5	0,0000	0,0000	9229,49
01/01/2016 11:00	4,5	0,0000	0,0000	9348,90
01/01/2016 11:30	4,5	0,0000	0,0000	9469,01
01/01/2016 12:00	4,5	0,0000	0,0000	9589,82
01/01/2016 12:30	4,5	0,0000	0,0000	9711,33
01/01/2016 13:00	4,5	0,0000	0,0000	9833,54
01/01/2016 13:30	4,5	0,0000	0,0000	9956,45
01/01/2016 14:00	4,5	0,0000	0,0000	10080,06
01/01/2016 14:30	4,5	0,0000	0,0000	10204,37
01/01/2016 15:00	4,5	0,0000	0,0000	10329,38
01/01/2016 15:30	4,5	0,0000	0,0000	10455,09
01/01/2016 16:00	4,5	0,0000	0,0000	10581,50
01/01/2016 16:30	4,5	0,0000	0,0000	10708,61
01/01/2016 17:00	4,5	0,0000	0,0000	10836,42
01/01/2016 17:30	4,5	0,0000	0,0000	10964,93
01/01/2016 18:00	4,5			





5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

TEMPO DI RITORNO: 30 ANNI

DATE	PIOGGIA (MM)	APFLUSSO (M3/S)	LA PORTATA LIMITE (M3/S)	VOLUME D'APFLUSSO (M3)
01/01/2013 13:40	0	0,0000	0,0000	38,17
01/01/2013 13:45	0	0,0000	0,0000	38,17
01/01/2013 13:50	0	0,0000	0,0000	38,17
01/01/2013 13:55	0	0,0000	0,0000	38,17
01/01/2013 14:00	0	0,0000	0,0000	38,17
01/01/2013 14:05	0	0,0000	0,0000	38,17
01/01/2013 14:10	0	0,0000	0,0000	37,67
01/01/2013 14:15	0	0,0000	0,0000	37,17
01/01/2013 14:20	0	0,0000	0,0000	36,67
01/01/2013 14:25	0	0,0000	0,0000	36,17
01/01/2013 14:30	0	0,0000	0,0000	35,67
01/01/2013 14:35	0	0,0000	0,0000	35,17
01/01/2013 14:40	0	0,0000	0,0000	34,67
01/01/2013 14:45	0	0,0000	0,0000	34,17
01/01/2013 14:50	0	0,0000	0,0000	33,67
01/01/2013 14:55	0	0,0000	0,0000	33,17
01/01/2013 15:00	0	0,0000	0,0000	32,67
01/01/2013 15:05	0	0,0000	0,0000	32,17
01/01/2013 15:10	0	0,0000	0,0000	31,67
01/01/2013 15:15	0	0,0000	0,0000	31,17
01/01/2013 15:20	0	0,0000	0,0000	30,67
01/01/2013 15:25	0	0,0000	0,0000	30,17
01/01/2013 15:30	0	0,0000	0,0000	29,67
01/01/2013 15:35	0	0,0000	0,0000	29,17
01/01/2013 15:40	0	0,0000	0,0000	28,67
01/01/2013 15:45	0	0,0000	0,0000	28,17
01/01/2013 15:50	0	0,0000	0,0000	27,67
01/01/2013 15:55	0	0,0000	0,0000	27,17
01/01/2013 16:00	0	0,0000	0,0000	26,67
01/01/2013 16:05	0	0,0000	0,0000	26,17
01/01/2013 16:10	0	0,0000	0,0000	25,67
01/01/2013 16:15	0	0,0000	0,0000	25,17
01/01/2013 16:20	0	0,0000	0,0000	24,67
01/01/2013 16:25	0	0,0000	0,0000	24,17
01/01/2013 16:30	0	0,0000	0,0000	23,67
01/01/2013 16:35	0	0,0000	0,0000	23,17
01/01/2013 16:40	0	0,0000	0,0000	22,67
01/01/2013 16:45	0	0,0000	0,0000	22,17
01/01/2013 16:50	0	0,0000	0,0000	21,67
01/01/2013 16:55	0	0,0000	0,0000	21,17
01/01/2013 17:00	0	0,0000	0,0000	20,67

18.000  
100000  
100000  
90.0.000

TEMPO DI RITORNO: 30 ANNI

DATE	PIOGGIA (MM)	APFLUSSO (M3/S)	LA PORTATA LIMITE (M3/S)	VOLUME D'APFLUSSO (M3)
01/01/2013 10:35	0,2	11,0000	0,0000	31,17
01/01/2013 10:40	0,2	11,0000	0,0000	31,17
01/01/2013 10:45	0,2	11,0000	0,0000	31,17
01/01/2013 10:50	0,2	11,0000	0,0000	31,17
01/01/2013 10:55	0,3	11,0000	0,0000	31,67
01/01/2013 11:00	0,3	11,0000	0,0000	32,17
01/01/2013 11:05	0,3	11,0000	0,0000	32,67
01/01/2013 11:10	0,3	11,0000	0,0000	33,17
01/01/2013 11:15	0,3	11,0000	0,0000	33,67
01/01/2013 11:20	0,3	11,0000	0,0000	34,17
01/01/2013 11:25	0,3	11,0000	0,0000	34,67
01/01/2013 11:30	0,3	11,0000	0,0000	35,17
01/01/2013 11:35	0,3	11,0000	0,0000	35,67
01/01/2013 11:40	0,3	11,0000	0,0000	36,17
01/01/2013 11:45	0,3	11,0000	0,0000	36,67
01/01/2013 11:50	0,3	11,0000	0,0000	37,17
01/01/2013 11:55	0,3	11,0000	0,0000	37,67
01/01/2013 12:00	0,3	11,0000	0,0000	38,17
01/01/2013 12:05	0,3	11,0000	0,0000	38,67
01/01/2013 12:10	0,3	11,0000	0,0000	39,17
01/01/2013 12:15	0,3	11,0000	0,0000	39,67
01/01/2013 12:20	0,3	11,0000	0,0000	40,17
01/01/2013 12:25	0,3	11,0000	0,0000	40,67
01/01/2013 12:30	0,3	11,0000	0,0000	41,17
01/01/2013 12:35	0,3	11,0000	0,0000	41,67
01/01/2013 12:40	0,3	11,0000	0,0000	42,17
01/01/2013 12:45	0,3	11,0000	0,0000	42,67
01/01/2013 12:50	0,3	11,0000	0,0000	43,17
01/01/2013 12:55	0,3	11,0000	0,0000	43,67
01/01/2013 13:00	0,3	11,0000	0,0000	44,17
01/01/2013 13:05	0,3	11,0000	0,0000	44,67
01/01/2013 13:10	0,3	11,0000	0,0000	45,17
01/01/2013 13:15	0,3	11,0000	0,0000	45,67
01/01/2013 13:20	0,3	11,0000	0,0000	46,17
01/01/2013 13:25	0,3	11,0000	0,0000	46,67
01/01/2013 13:30	0,3	11,0000	0,0000	47,17
01/01/2013 13:35	0,3	11,0000	0,0000	47,67
01/01/2013 13:40	0,3	11,0000	0,0000	48,17
01/01/2013 13:45	0,3	11,0000	0,0000	48,67
01/01/2013 13:50	0,3	11,0000	0,0000	49,17
01/01/2013 13:55	0,3	11,0000	0,0000	49,67
01/01/2013 14:00	0,3	11,0000	0,0000	50,17





5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

TEMPO DI RITORNO: 20 ANNI

DATE	PIOGGIA (MM)	AFFLUSSO TOTALE(M3/S)	LA PORTATA LIBRE (M3/S)	VOLUME D'AFFLUSSO (M3)
02/01/2013 03:20	0	0.0000	0.0000	4.17
02/01/2013 03:25	0	0.0000	0.0000	4.07
02/01/2013 03:30	0	0.0000	0.0000	3.87
02/01/2013 03:35	0	0.0000	0.0000	3.77
02/01/2013 03:40	0	0.0000	0.0000	3.57
02/01/2013 03:45	0	0.0000	0.0000	3.47
02/01/2013 03:50	0	0.0000	0.0000	3.27
02/01/2013 03:55	0	0.0000	0.0000	3.17
02/01/2013 04:00	0	0.0000	0.0000	3.12
02/01/2013 04:05	0	0.0000	0.0000	2.97
02/01/2013 04:10	0	0.0000	0.0000	2.87
02/01/2013 04:15	0	0.0000	0.0000	2.57
02/01/2013 04:20	0	0.0000	0.0000	2.37
02/01/2013 04:25	0	0.0000	0.0000	2.22
02/01/2013 04:30	0	0.0000	0.0000	2.07
02/01/2013 04:35	0	0.0000	0.0000	1.92
02/01/2013 04:40	0	0.0000	0.0000	1.77
02/01/2013 04:45	0	0.0000	0.0000	1.62
02/01/2013 04:50	0	0.0000	0.0000	1.47
02/01/2013 04:55	0	0.0000	0.0000	1.32
02/01/2013 05:00	0	0.0000	0.0000	1.17
02/01/2013 05:05	0	0.0000	0.0000	1.09
02/01/2013 05:10	0	0.0000	0.0000	0.87
02/01/2013 05:15	0	0.0000	0.0000	0.77
02/01/2013 05:20	0	0.0000	0.0000	0.57
02/01/2013 05:25	0	0.0000	0.0000	0.47
02/01/2013 05:30	0	0.0000	0.0000	0.37
02/01/2013 05:35	0	0.0000	0.0000	0.12
02/01/2013 05:40	0	0.0000	0.0000	0
02/01/2013 05:45	0	0.0000	0.0000	0
02/01/2013 05:50	0	0.0000	0.0000	0
02/01/2013 05:55	0	0.0000	0.0000	0
02/01/2013 06:00	0	0.0000	0.0000	0
02/01/2013 06:05	0	0.0000	0.0000	0
02/01/2013 06:10	0	0.0000	0.0000	0
02/01/2013 06:15	0	0.0000	0.0000	0
02/01/2013 06:20	0	0.0000	0.0000	0

TEMPO DI RITORNO: 20 ANNI

DATE	PIOGGIA (MM)	AFFLUSSO TOTALE(M3/S)	LA PORTATA LIBRE (M3/S)	VOLUME D'AFFLUSSO (M3)
02/01/2013 03:25	0	0.0000	0.0000	10.32
02/01/2013 03:30	0	0.0000	0.0000	11.17
02/01/2013 03:35	0	0.0000	0.0000	10.00
02/01/2013 03:40	0	0.0000	0.0000	9.87
02/01/2013 03:45	0	0.0000	0.0000	8.77
02/01/2013 03:50	0	0.0000	0.0000	8.57
02/01/2013 03:55	0	0.0000	0.0000	8.37
02/01/2013 04:00	0	0.0000	0.0000	8.27
02/01/2013 04:05	0	0.0000	0.0000	8.12
02/01/2013 04:10	0	0.0000	0.0000	8.07
02/01/2013 04:15	0	0.0000	0.0000	7.97
02/01/2013 04:20	0	0.0000	0.0000	7.77
02/01/2013 04:25	0	0.0000	0.0000	7.62
02/01/2013 04:30	0	0.0000	0.0000	7.47
02/01/2013 04:35	0	0.0000	0.0000	7.22
02/01/2013 04:40	0	0.0000	0.0000	7.17
02/01/2013 04:45	0	0.0000	0.0000	6.92
02/01/2013 04:50	0	0.0000	0.0000	6.87
02/01/2013 04:55	0	0.0000	0.0000	6.72
02/01/2013 05:00	0	0.0000	0.0000	6.57
02/01/2013 05:05	0	0.0000	0.0000	6.43
02/01/2013 05:10	0	0.0000	0.0000	6.17
02/01/2013 05:15	0	0.0000	0.0000	5.97
02/01/2013 05:20	0	0.0000	0.0000	5.82
02/01/2013 05:25	0	0.0000	0.0000	5.67
02/01/2013 05:30	0	0.0000	0.0000	5.52
02/01/2013 05:35	0	0.0000	0.0000	5.37
02/01/2013 05:40	0	0.0000	0.0000	5.17
02/01/2013 05:45	0	0.0000	0.0000	5.02
02/01/2013 05:50	0	0.0000	0.0000	4.87
02/01/2013 05:55	0	0.0000	0.0000	4.72
02/01/2013 06:00	0	0.0000	0.0000	4.57
02/01/2013 06:05	0	0.0000	0.0000	4.43
02/01/2013 06:10	0	0.0000	0.0000	4.27





5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

TEMPO DI RITORNO: 50 ANNI

DATE	PIOGGIA (MM)	EFFLUSSO TOTALE(MM/ME)	LA FORESTA (LITRI (M3/ME))	VOLUME (M3)
01/01/2013 01.25	0.7	0.0013	0.0005	31.10
01/01/2013 01.30	0.7	0.0013	0.0005	31.17
01/01/2013 01.35	0.5	0.0013	0.0005	31.41
01/01/2013 01.40	0.5	0.0017	0.0005	31.61
01/01/2013 01.45	0.5	0.0013	0.0005	31.81
01/01/2013 01.50	0.5	0.0013	0.0005	32.01
01/01/2013 01.55	0.5	0.0012	0.0005	32.28
01/01/2013 02.00	0.5	0.0011	0.0005	32.57
01/01/2013 02.05	0.5	0.0008	0.0005	32.82
01/01/2013 02.10	0.5	0.0005	0.0005	33.07
01/01/2013 02.15	0.5	0.0001	0.0005	33.27
01/01/2013 02.20	0.5	0.0001	0.0005	33.47
01/01/2013 02.25	0.5	0.0001	0.0005	33.67
01/01/2013 02.30	0.5	0.0001	0.0005	33.87
01/01/2013 02.35	0.5	0.0001	0.0005	34.07
01/01/2013 02.40	0.5	0.0001	0.0005	34.27
01/01/2013 02.45	0.5	0.0001	0.0005	34.47
01/01/2013 02.50	0.5	0.0001	0.0005	34.67
01/01/2013 02.55	0.5	0.0001	0.0005	34.87
01/01/2013 03.00	0.5	0.0001	0.0005	35.07
01/01/2013 03.05	0.5	0.0001	0.0005	35.27
01/01/2013 03.10	0.5	0.0001	0.0005	35.47
01/01/2013 03.15	0.5	0.0001	0.0005	35.67
01/01/2013 03.20	0.5	0.0001	0.0005	35.87
01/01/2013 03.25	0.5	0.0001	0.0005	36.07
01/01/2013 03.30	0.5	0.0001	0.0005	36.27
01/01/2013 03.35	0.5	0.0001	0.0005	36.47
01/01/2013 03.40	0.5	0.0001	0.0005	36.67
01/01/2013 03.45	0.5	0.0001	0.0005	36.87
01/01/2013 03.50	0.5	0.0001	0.0005	37.07
01/01/2013 03.55	0.5	0.0001	0.0005	37.27
01/01/2013 04.00	0.5	0.0001	0.0005	37.47
01/01/2013 04.05	0.5	0.0001	0.0005	37.67
01/01/2013 04.10	0.5	0.0001	0.0005	37.87
01/01/2013 04.15	0.5	0.0001	0.0005	38.07
01/01/2013 04.20	0.5	0.0001	0.0005	38.27
01/01/2013 04.25	0.5	0.0001	0.0005	38.47
01/01/2013 04.30	0.5	0.0001	0.0005	38.67
01/01/2013 04.35	0.5	0.0001	0.0005	38.87
01/01/2013 04.40	0.5	0.0001	0.0005	39.07
01/01/2013 04.45	0.5	0.0001	0.0005	39.27
01/01/2013 04.50	0.5	0.0001	0.0005	39.47
01/01/2013 04.55	0.5	0.0001	0.0005	39.67
01/01/2013 05.00	0.5	0.0001	0.0005	39.87
01/01/2013 05.05	0.5	0.0001	0.0005	40.07
01/01/2013 05.10	0.5	0.0001	0.0005	40.27
01/01/2013 05.15	0.5	0.0001	0.0005	40.47
01/01/2013 05.20	0.5	0.0001	0.0005	40.67
01/01/2013 05.25	0.5	0.0001	0.0005	40.87
01/01/2013 05.30	0.5	0.0001	0.0005	41.07
01/01/2013 05.35	0.5	0.0001	0.0005	41.27
01/01/2013 05.40	0.5	0.0001	0.0005	41.47
01/01/2013 05.45	0.5	0.0001	0.0005	41.67
01/01/2013 05.50	0.5	0.0001	0.0005	41.87
01/01/2013 05.55	0.5	0.0001	0.0005	42.07
01/01/2013 06.00	0.5	0.0001	0.0005	42.27
01/01/2013 06.05	0.5	0.0001	0.0005	42.47
01/01/2013 06.10	0.5	0.0001	0.0005	42.67
01/01/2013 06.15	0.5	0.0001	0.0005	42.87
01/01/2013 06.20	0.5	0.0001	0.0005	43.07
01/01/2013 06.25	0.5	0.0001	0.0005	43.27
01/01/2013 06.30	0.5	0.0001	0.0005	43.47
01/01/2013 06.35	0.5	0.0001	0.0005	43.67
01/01/2013 06.40	0.5	0.0001	0.0005	43.87
01/01/2013 06.45	0.5	0.0001	0.0005	44.07
01/01/2013 06.50	0.5	0.0001	0.0005	44.27
01/01/2013 06.55	0.5	0.0001	0.0005	44.47
01/01/2013 07.00	0.5	0.0001	0.0005	44.67
01/01/2013 07.05	0.5	0.0001	0.0005	44.87
01/01/2013 07.10	0.5	0.0001	0.0005	45.07
01/01/2013 07.15	0.5	0.0001	0.0005	45.27
01/01/2013 07.20	0.5	0.0001	0.0005	45.47
01/01/2013 07.25	0.5	0.0001	0.0005	45.67
01/01/2013 07.30	0.5	0.0001	0.0005	45.87
01/01/2013 07.35	0.5	0.0001	0.0005	46.07
01/01/2013 07.40	0.5	0.0001	0.0005	46.27
01/01/2013 07.45	0.5	0.0001	0.0005	46.47
01/01/2013 07.50	0.5	0.0001	0.0005	46.67
01/01/2013 07.55	0.5	0.0001	0.0005	46.87
01/01/2013 08.00	0.5	0.0001	0.0005	47.07
01/01/2013 08.05	0.5	0.0001	0.0005	47.27
01/01/2013 08.10	0.5	0.0001	0.0005	47.47
01/01/2013 08.15	0.5	0.0001	0.0005	47.67
01/01/2013 08.20	0.5	0.0001	0.0005	47.87
01/01/2013 08.25	0.5	0.0001	0.0005	48.07
01/01/2013 08.30	0.5	0.0001	0.0005	48.27
01/01/2013 08.35	0.5	0.0001	0.0005	48.47
01/01/2013 08.40	0.5	0.0001	0.0005	48.67
01/01/2013 08.45	0.5	0.0001	0.0005	48.87
01/01/2013 08.50	0.5	0.0001	0.0005	49.07
01/01/2013 08.55	0.5	0.0001	0.0005	49.27
01/01/2013 09.00	0.5	0.0001	0.0005	49.47
01/01/2013 09.05	0.5	0.0001	0.0005	49.67
01/01/2013 09.10	0.5	0.0001	0.0005	49.87
01/01/2013 09.15	0.5	0.0001	0.0005	50.07
01/01/2013 09.20	0.5	0.0001	0.0005	50.27
01/01/2013 09.25	0.5	0.0001	0.0005	50.47
01/01/2013 09.30	0.5	0.0001	0.0005	50.67
01/01/2013 09.35	0.5	0.0001	0.0005	50.87
01/01/2013 09.40	0.5	0.0001	0.0005	51.07
01/01/2013 09.45	0.5	0.0001	0.0005	51.27
01/01/2013 09.50	0.5	0.0001	0.0005	51.47
01/01/2013 09.55	0.5	0.0001	0.0005	51.67
01/01/2013 10.00	0.5	0.0001	0.0005	51.87
01/01/2013 10.05	0.5	0.0001	0.0005	52.07
01/01/2013 10.10	0.5	0.0001	0.0005	52.27
01/01/2013 10.15	0.5	0.0001	0.0005	52.47
01/01/2013 10.20	0.5	0.0001	0.0005	52.67
01/01/2013 10.25	0.5	0.0001	0.0005	52.87
01/01/2013 10.30	0.5	0.0001	0.0005	53.07
01/01/2013 10.35	0.5	0.0001	0.0005	53.27
01/01/2013 10.40	0.5	0.0001	0.0005	53.47
01/01/2013 10.45	0.5	0.0001	0.0005	53.67
01/01/2013 10.50	0.5	0.0001	0.0005	53.87
01/01/2013 10.55	0.5	0.0001	0.0005	54.07
01/01/2013 11.00	0.5	0.0001	0.0005	54.27
01/01/2013 11.05	0.5	0.0001	0.0005	54.47
01/01/2013 11.10	0.5	0.0001	0.0005	54.67
01/01/2013 11.15	0.5	0.0001	0.0005	54.87
01/01/2013 11.20	0.5	0.0001	0.0005	55.07
01/01/2013 11.25	0.5	0.0001	0.0005	55.27
01/01/2013 11.30	0.5	0.0001	0.0005	55.47
01/01/2013 11.35	0.5	0.0001	0.0005	55.67
01/01/2013 11.40	0.5	0.0001	0.0005	55.87
01/01/2013 11.45	0.5	0.0001	0.0005	56.07
01/01/2013 11.50	0.5	0.0001	0.0005	56.27
01/01/2013 11.55	0.5	0.0001	0.0005	56.47
01/01/2013 12.00	0.5	0.0001	0.0005	56.67

8-246

TEMPO DI RITORNO: 50 ANNI

DATE	PIOGGIA (MM)	EFFLUSSO TOTALE(MM/ME)	LA FORESTA (LITRI (M3/ME))	VOLUME (M3)
01/01/2013 06.30	0.3	0.0000	0.0005	36.77
01/01/2013 06.35	0.3	0.0007	0.0005	36.78
01/01/2013 07.00	0.3	0.0007	0.0005	36.84
01/01/2013 07.05	0.3	0.0007	0.0005	36.9
01/01/2013 07.10	0.3	0.0007	0.0005	36.96
01/01/2013 07.15	0.3	0.0007	0.0005	37.02
01/01/2013 07.20	0.3	0.0007	0.0005	37.08
01/01/2013 07.25	0.3	0.0007	0.0005	37.14
01/01/2013 07.30	0.3	0.0007	0.0005	37.2
01/01/2013 07.35	0.3	0.0007	0.0005	37.26
01/01/2013 07.40	0.3	0.0000	0.0005	37.32
01/01/2013 07.45	0.3	0.0000	0.0005	37.38
01/01/2013 07.50	0.3	0.0000	0.0005	37.44
01/01/2013 07.55	0.3	0.0000	0.0005	37.5
01/01/2013 08.00	0.3	0.0000	0.0005	37.56
01/01/2013 08.05	0.3	0.0000	0.0005	37.62
01/01/2013 08.10	0.3	0.0000	0.0005	37.68
01/01/2013 08.15	0.3	0.0000	0.0005	37.74
01/01/2013 08.20	0.3	0.0000	0.0005	37.8
01/01/2013 08.25	0.3	0.0000	0.0005	37.86
01/01/2013 08.30	0.3	0.0000	0.0005	37.92
01/01/2013 08.35	0.3	0.0000	0.0005	37.98
01/01/2013 08.40	0.3	0.0000	0.0005	38.04
01/01/2013 08.45	0.3	0.0000	0.0005	38.1
01/01/2013 08.50	0.3	0.0000	0.0005	38.16
01/01/2013 08.55	0.3	0.0000	0.0005	38.22
01/01/2013 09.00	0.3	0.0000	0.0005	38.28
01/01/2013 09.05	0.3	0.0000	0.0005	38.34
01/01/2013 09.10	0.3	0.0000	0.0005	38.4
01/01/2013 09.15	0.3	0.0000	0.0005	38.46
01/01/2013 09.20	0.3	0.0000	0.0005	38.52
01/01/2013 09.25	0.3	0.0000	0.0005	38.58
01/01/2013 09.30	0.3	0.0000	0.0005	38.64
01/01/2013 09.35	0.3	0.0000	0.0005	38.7
01/01/2013 09.40	0.3	0.0000	0.0005	38.76
01/01/2013 09.45	0.3	0.0000	0.0005	38.82
01/01/2013 09.50	0.3	0.0000	0.0005	38.88
01/01/2013 09.55	0.3	0.0000	0.0005	38.94
01/01/2013 10.00	0.3	0.0000	0.0005	39.0
01/01/2013 10.05	0.3	0.0000	0.0005	39.06
01/01/2013 10.10	0.3	0.0000	0.0005	39.12
01/01/2013 10.15	0.3	0.0000	0.0005	39.18
01/01/2013 10.20	0.3	0.0000	0.0005	39.24
01/01/2013 10.25	0.3	0.0000	0.0005	39.3
01/01/2013 10.30	0.3	0.0000	0.0005	39.36
01/01/2013 10.35	0.3	0.0000	0.0005	39.42
01/01/2013 10.40	0.3	0.0000	0.0005	39.48
01/01/2013 10.45	0.3	0.0000	0.0005	39.54
01/01/2013 10.50	0.3	0.0000	0.0005	39.6
01/01/2013 10.55	0.3	0.0000	0.0005	39.66
01/01/2013 11.00	0.3	0.0000	0.0005	39.72
01/01/2013 11.05	0.3	0.0000	0.0005	39.78
01/01/2013 11.10	0.3	0.0000	0.0005	39.84
01/				





## 5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

TEMPO DI RITORNO: 50 ANNI

DATE	PIOGGA (MM)	AFFLUSSO TOTALE(MM/h)	LA PORTATA LIBRE (M <sup>3</sup> /S)	VOLUME D'AFFLUSSO (M <sup>3</sup> )
01/01/2013 20.30	0	0.0000	0.0000	24.28
01/01/2013 20.35	0	0.0000	0.0000	24.00
01/01/2013 20.40	0	0.0000	0.0000	23.94
01/01/2013 20.45	0	0.0000	0.0000	23.79
01/01/2013 20.50	0	0.0000	0.0000	23.62
01/01/2013 20.55	0	0.0000	0.0000	23.49
01/01/2013 21.00	0	0.0000	0.0000	23.34
01/01/2013 21.05	0	0.0000	0.0000	23.19
01/01/2013 21.10	0	0.0000	0.0000	23.06
01/01/2013 21.15	0	0.0000	0.0000	22.89
01/01/2013 21.20	0	0.0000	0.0000	22.74
01/01/2013 21.25	0	0.0000	0.0000	22.58
01/01/2013 21.30	0	0.0000	0.0000	22.43
01/01/2013 21.35	0	0.0000	0.0000	22.26
01/01/2013 21.40	0	0.0000	0.0000	22.11
01/01/2013 21.45	0	0.0000	0.0000	21.96
01/01/2013 21.50	0	0.0000	0.0000	21.81
01/01/2013 21.55	0	0.0000	0.0000	21.64
01/01/2013 22.00	0	0.0000	0.0000	21.50
01/01/2013 22.05	0	0.0000	0.0000	21.34
01/01/2013 22.10	0	0.0000	0.0000	21.20
01/01/2013 22.15	0	0.0000	0.0000	21.06
01/01/2013 22.20	0	0.0000	0.0000	20.92
01/01/2013 22.25	0	0.0000	0.0000	20.78
01/01/2013 22.30	0	0.0000	0.0000	20.64
01/01/2013 22.35	0	0.0000	0.0000	20.50
01/01/2013 22.40	0	0.0000	0.0000	20.34
01/01/2013 22.45	0	0.0000	0.0000	20.19
01/01/2013 22.50	0	0.0000	0.0000	20.07
01/01/2013 22.55	0	0.0000	0.0000	19.89
01/01/2013 23.00	0	0.0000	0.0000	19.74
01/01/2013 23.05	0	0.0000	0.0000	19.59
01/01/2013 23.10	0	0.0000	0.0000	19.44
01/01/2013 23.15	0	0.0000	0.0000	19.29
01/01/2013 23.20	0	0.0000	0.0000	19.14
01/01/2013 23.25	0	0.0000	0.0000	18.99
01/01/2013 23.30	0	0.0000	0.0000	18.84
01/01/2013 23.35	0	0.0000	0.0000	18.69
01/01/2013 23.40	0	0.0000	0.0000	18.54
01/01/2013 23.45	0	0.0000	0.0000	18.39
01/01/2013 23.50	0	0.0000	0.0000	18.24

TEMPO DI RITORNO: 50 ANNI

DATE	PIOGGA (MM)	AFFLUSSO TOTALE(MM/h)	LA PORTATA LIBRE (M <sup>3</sup> /S)	VOLUME D'AFFLUSSO (M <sup>3</sup> )
01/01/2013 17.05	0	0.0000	0.0000	30.99
01/01/2013 17.10	0	0.0000	0.0000	31.24
01/01/2013 17.15	0	0.0000	0.0000	30.60
01/01/2013 17.20	0	0.0000	0.0000	29.94
01/01/2013 17.25	0	0.0000	0.0000	29.29
01/01/2013 17.30	0	0.0000	0.0000	28.64
01/01/2013 17.35	0	0.0000	0.0000	28.00
01/01/2013 17.40	0	0.0000	0.0000	27.34
01/01/2013 17.45	0	0.0000	0.0000	26.69
01/01/2013 17.50	0	0.0000	0.0000	26.04
01/01/2013 17.55	0	0.0000	0.0000	25.39
01/01/2013 18.00	0	0.0000	0.0000	24.74
01/01/2013 18.05	0	0.0000	0.0000	24.09
01/01/2013 18.10	0	0.0000	0.0000	23.44
01/01/2013 18.15	0	0.0000	0.0000	22.79
01/01/2013 18.20	0	0.0000	0.0000	22.14
01/01/2013 18.25	0	0.0000	0.0000	21.49
01/01/2013 18.30	0	0.0000	0.0000	20.84
01/01/2013 18.35	0	0.0000	0.0000	20.19
01/01/2013 18.40	0	0.0000	0.0000	19.54
01/01/2013 18.45	0	0.0000	0.0000	18.89
01/01/2013 18.50	0	0.0000	0.0000	18.24
01/01/2013 18.55	0	0.0000	0.0000	17.59
01/01/2013 19.00	0	0.0000	0.0000	16.94
01/01/2013 19.05	0	0.0000	0.0000	16.29
01/01/2013 19.10	0	0.0000	0.0000	15.64
01/01/2013 19.15	0	0.0000	0.0000	14.99
01/01/2013 19.20	0	0.0000	0.0000	14.34
01/01/2013 19.25	0	0.0000	0.0000	13.69

## 5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

TEMPO DI RITORNO: 50 ANNI

DATE	PIOGGIA (MM)	AFFLUSSO TORALE(M <sup>3</sup> /S)	LA FORESTA LIBERE (M <sup>3</sup> /S)	VOLUME GRAFILLATO (M <sup>3</sup> )
02/01/2013 03:30	0	0,0000	0,0000	11,94
02/01/2013 03:45	0	0,0000	0,0000	11,79
02/01/2013 04:00	0	0,0000	0,0000	11,64
02/01/2013 04:15	0	0,0000	0,0000	11,49
02/01/2013 04:30	0	0,0000	0,0000	11,34
02/01/2013 04:45	0	0,0000	0,0000	11,19
02/01/2013 05:00	0	0,0000	0,0000	11,04
02/01/2013 05:15	0	0,0000	0,0000	10,89
02/01/2013 05:30	0	0,0000	0,0000	10,74
02/01/2013 05:45	0	0,0000	0,0000	10,59
02/01/2013 06:00	0	0,0000	0,0000	10,44
02/01/2013 06:15	0	0,0000	0,0000	10,29
02/01/2013 06:30	0	0,0000	0,0000	10,14
02/01/2013 06:45	0	0,0000	0,0000	9,99
02/01/2013 07:00	0	0,0000	0,0000	9,84
02/01/2013 07:15	0	0,0000	0,0000	9,69
02/01/2013 07:30	0	0,0000	0,0000	9,54
02/01/2013 07:45	0	0,0000	0,0000	9,39
02/01/2013 08:00	0	0,0000	0,0000	9,24
02/01/2013 08:15	0	0,0000	0,0000	9,09
02/01/2013 08:30	0	0,0000	0,0000	8,94
02/01/2013 08:45	0	0,0000	0,0000	8,79
02/01/2013 09:00	0	0,0000	0,0000	8,64
02/01/2013 09:15	0	0,0000	0,0000	8,49
02/01/2013 09:30	0	0,0000	0,0000	8,34
02/01/2013 09:45	0	0,0000	0,0000	8,19
02/01/2013 10:00	0	0,0000	0,0000	8,04
02/01/2013 10:15	0	0,0000	0,0000	7,89
02/01/2013 10:30	0	0,0000	0,0000	7,74
02/01/2013 10:45	0	0,0000	0,0000	7,59
02/01/2013 11:00	0	0,0000	0,0000	7,44
02/01/2013 11:15	0	0,0000	0,0000	7,29
02/01/2013 11:30	0	0,0000	0,0000	7,14
02/01/2013 11:45	0	0,0000	0,0000	6,99
02/01/2013 12:00	0	0,0000	0,0000	6,84
02/01/2013 12:15	0	0,0000	0,0000	6,69
02/01/2013 12:30	0	0,0000	0,0000	6,54
02/01/2013 12:45	0	0,0000	0,0000	6,39
02/01/2013 13:00	0	0,0000	0,0000	6,24
02/01/2013 13:15	0	0,0000	0,0000	6,09
02/01/2013 13:30	0	0,0000	0,0000	5,94
02/01/2013 13:45	0	0,0000	0,0000	5,79
02/01/2013 14:00	0	0,0000	0,0000	5,64
02/01/2013 14:15	0	0,0000	0,0000	5,49
02/01/2013 14:30	0	0,0000	0,0000	5,34
02/01/2013 14:45	0	0,0000	0,0000	5,19
02/01/2013 15:00	0	0,0000	0,0000	5,04
02/01/2013 15:15	0	0,0000	0,0000	4,89
02/01/2013 15:30	0	0,0000	0,0000	4,74
02/01/2013 15:45	0	0,0000	0,0000	4,59
02/01/2013 16:00	0	0,0000	0,0000	4,44
02/01/2013 16:15	0	0,0000	0,0000	4,29
02/01/2013 16:30	0	0,0000	0,0000	4,14
02/01/2013 16:45	0	0,0000	0,0000	3,99
02/01/2013 17:00	0	0,0000	0,0000	3,84
02/01/2013 17:15	0	0,0000	0,0000	3,69
02/01/2013 17:30	0	0,0000	0,0000	3,54
02/01/2013 17:45	0	0,0000	0,0000	3,39
02/01/2013 18:00	0	0,0000	0,0000	3,24
02/01/2013 18:15	0	0,0000	0,0000	3,09
02/01/2013 18:30	0	0,0000	0,0000	2,94
02/01/2013 18:45	0	0,0000	0,0000	2,79
02/01/2013 19:00	0	0,0000	0,0000	2,64
02/01/2013 19:15	0	0,0000	0,0000	2,49
02/01/2013 19:30	0	0,0000	0,0000	2,34
02/01/2013 19:45	0	0,0000	0,0000	2,19
02/01/2013 20:00	0	0,0000	0,0000	2,04
02/01/2013 20:15	0	0,0000	0,0000	1,89
02/01/2013 20:30	0	0,0000	0,0000	1,74
02/01/2013 20:45	0	0,0000	0,0000	1,59
02/01/2013 21:00	0	0,0000	0,0000	1,44
02/01/2013 21:15	0	0,0000	0,0000	1,29
02/01/2013 21:30	0	0,0000	0,0000	1,14
02/01/2013 21:45	0	0,0000	0,0000	0,99
02/01/2013 22:00	0	0,0000	0,0000	0,84
02/01/2013 22:15	0	0,0000	0,0000	0,69
02/01/2013 22:30	0	0,0000	0,0000	0,54
02/01/2013 22:45	0	0,0000	0,0000	0,39
02/01/2013 23:00	0	0,0000	0,0000	0,24
02/01/2013 23:15	0	0,0000	0,0000	0,09
02/01/2013 23:30	0	0,0000	0,0000	0,00
02/01/2013 23:45	0	0,0000	0,0000	0,00
02/01/2013 24:00	0	0,0000	0,0000	0,00

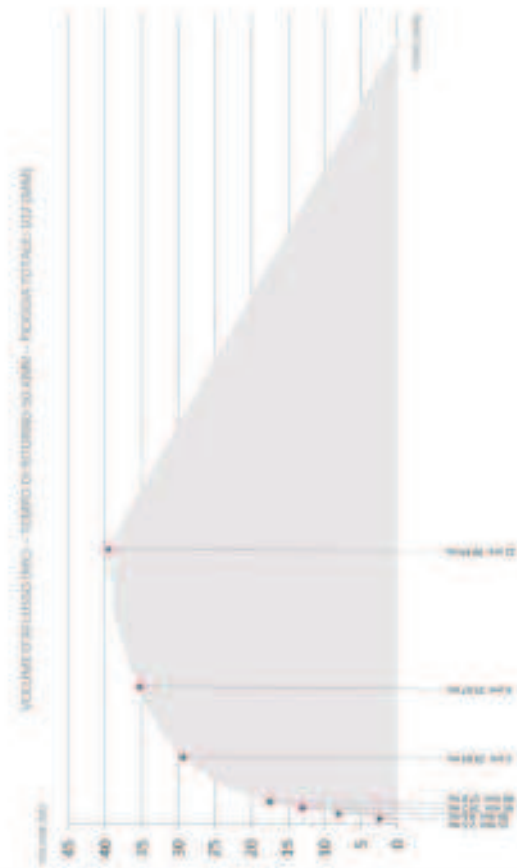
TEMPO DI RITORNO: 50 ANNI

DATE	PIOGGIA (MM)	AFFLUSSO TORALE(M <sup>3</sup> /S)	LA FORESTA LIBERE (M <sup>3</sup> /S)	VOLUME GRAFILLATO (M <sup>3</sup> )
03/01/2013 23:30	0	0,0000	0,0000	0,00
03/01/2013 00:00	0	0,0000	0,0000	17,54
03/01/2013 00:30	0	0,0000	0,0000	17,79
03/01/2013 01:00	0	0,0000	0,0000	18,04
03/01/2013 01:30	0	0,0000	0,0000	18,29
03/01/2013 02:00	0	0,0000	0,0000	18,54
03/01/2013 02:30	0	0,0000	0,0000	18,79
03/01/2013 03:00	0	0,0000	0,0000	19,04
03/01/2013 03:30	0	0,0000	0,0000	19,29
03/01/2013 04:00	0	0,0000	0,0000	19,54
03/01/2013 04:30	0	0,0000	0,0000	19,79
03/01/2013 05:00	0	0,0000	0,0000	20,04
03/01/2013 05:30	0	0,0000	0,0000	20,29
03/01/2013 06:00	0	0,0000	0,0000	20,54
03/01/2013 06:30	0	0,0000	0,0000	20,79
03/01/2013 07:00	0	0,0000	0,0000	21,04
03/01/2013 07:30	0	0,0000	0,0000	21,29
03/01/2013 08:00	0	0,0000	0,0000	21,54
03/01/2013 08:30	0	0,0000	0,0000	21,79
03/01/2013 09:00	0	0,0000	0,0000	22,04
03/01/2013 09:30	0	0,0000	0,0000	22,29
03/01/2013 10:00	0	0,0000	0,0000	22,54
03/01/2013 10:30	0	0,0000	0,0000	22,79
03/01/2013 11:00	0	0,0000	0,0000	23,04
03/01/2013 11:30	0	0,0000	0,0000	23,29
03/01/2013 12:00	0	0,0000	0,0000	23,54
03/01/2013 12:30	0	0,0000	0,0000	23,79
03/01/2013 13:00	0	0,0000	0,0000	24,04
03/01/2013 13:30	0	0,0000	0,0000	24,29
03/01/2013 14:00	0	0,0000	0,0000	24,54
03/01/2013 14:30	0	0,0000	0,0000	24,79
03/01/2013 15:00	0	0,0000	0,0000	25,04
03/01/2013 15:30	0	0,0000	0,0000	25,29
03/01/2013 16:00	0	0,0000	0,0000	25,54
03/01/2013 16:30	0	0,0000	0,0000	25,79
03/01/2013 17:00	0	0,0000	0,0000	26,04
03/01/2013 17:30	0	0,0000	0,0000	26,29
03/01/2013 18:00	0	0,0000	0,0000	26,54
03/01/2013 18:30	0	0,0000	0,0000	26,79
03/01/2013 19:00	0	0,0000	0,0000	27,04
03/01/2013 19:30	0	0,0000	0,0000	27,29
03/01/2013 20:00	0	0,0000	0,0000	27,54
03/01/2013 20:30	0	0,0000	0,0000	27,79
03/01/2013 21:00	0	0,0000	0,0000	28,04
03/01/2013 21:30	0	0,0000	0,0000	28,29
03/01/2013 22:00	0	0,0000	0,0000	28,54
03/01/2013 22:30	0	0,0000	0,0000	28,79
03/01/2013 23:00	0	0,0000	0,0000	29,04
03/01/2013 23:30	0	0,0000	0,0000	29,29
03/01/2014 00:00	0	0,0000	0,0000	29,54
03/01/2014 00:30	0	0,0000	0,0000	29,79
03/01/2014 01:00	0	0,0000	0,0000	30,04
03/01/2014 01:30	0	0,0000	0,0000	30,29
03/01/2014 02:00	0	0,0000	0,0000	30,54
03/01/2014 02:30	0	0,0000	0,0000	30,79
03/01/2014 03:00	0	0,0000	0,0000	31,04
03/01/2014 03:30	0	0,0000	0,0000	31,29
03/01/2014 04:00	0	0,0000	0,0000	31,54
03/01/2014 04:30	0	0,0000	0,0000	31,79
03/01/2014 05:00	0	0,0000	0,0000	32,04
03/01/2014 05:30	0	0,0000	0,0000	32,29
03/01/2014 06:00	0	0,0000	0,0000	32,54
03/01/2014 06:30	0	0,0000	0,0000	32,79
03/01/2014 07:00	0	0,0000	0,0000	33,04
03/01/2014 07:30	0	0,0000	0,0000	33,29
03/01/2014 08:00	0	0,0000	0,0000	33,54
03/01/2014 08:30	0	0,0000	0,0000	33,79
03/01/2014 09:00	0	0,0000	0,0000	34,04
03/01/2014 09:30	0	0,0000	0,0000	34,29
03/01/2014 10:00	0	0,0000	0,0000	34,54
03/01/2014 10:30	0	0,0000	0,0000	34,79
03/01/2014 11:00	0	0,0000	0,0000	35,04
03/01/2014 11:30	0	0,0000	0,0000	35,29
03/01/2014 12:00	0	0,0000	0,0000	35,54
03/01/2014 12:30	0	0,0000	0,0000	35,79
03/01/2014 13:00	0	0,0000	0,0000	36,04
03/01/2014 13:30	0	0,0000	0,0000	36,29
03/01/2014 14:00	0	0,0000	0,0000	36,54
03/01/2014 14:30	0	0,0000	0,0000	36,79
03/01/2014 15:00	0	0,0000	0,0000	37,04
03/01/2014 15:30	0	0,0000	0,0000	37,29
03/01/2014 16:00	0	0,0000	0,0000	37,54
03/01/2014 16:30	0	0,0000	0,0000	37,79
03/01/2014 17:00	0	0,0000	0,0000	38,04
03/01/2014 17:30	0	0,0000	0,0000	38,29
03/01/2014 18:00	0	0,0000	0,0000	38,54
03/01/2014 18:30	0	0,0000	0,0000	38,79
03/01/2014 19:00	0	0,0000	0,0000	39,04
03/01/2014 19:30	0	0,0000	0,0000	39,29
03/01/2014 20:00	0	0,0000	0,0000	39,54
03/01/2014 20:30	0	0,0000	0,0000	39,79
03/01/2014 21:00	0	0,0000	0,0000	40,04
03/01/2014 21:30	0	0,0000	0,0000	40,29
03/01/2014 22:00	0	0,0000	0,0000	40,54
03/01/2014 22:30	0	0,0000	0,0000	40,79
03/01/2014 23:00	0	0,0000	0,0000	41,04
03/01/2014 23:30	0	0,0000	0,0000	41,29
04/01/2014 00:00	0	0,0000	0,0000	41,54
04/01/2014 00:30	0	0,0000	0,0000	41,79
04/01/2014 01:00	0	0,0000	0,0000	42,04
04/01/2014 01:30	0	0,0000	0,0000	42,29
04/01/2014 02:00	0	0,0000	0,0000	42,54
04/01/2014 02:30	0	0,0000	0,0000	42,79
04/01/2014 03:00	0	0,0000	0,0000	43,04
04/01/2014 03:30	0	0,0000	0,0000	



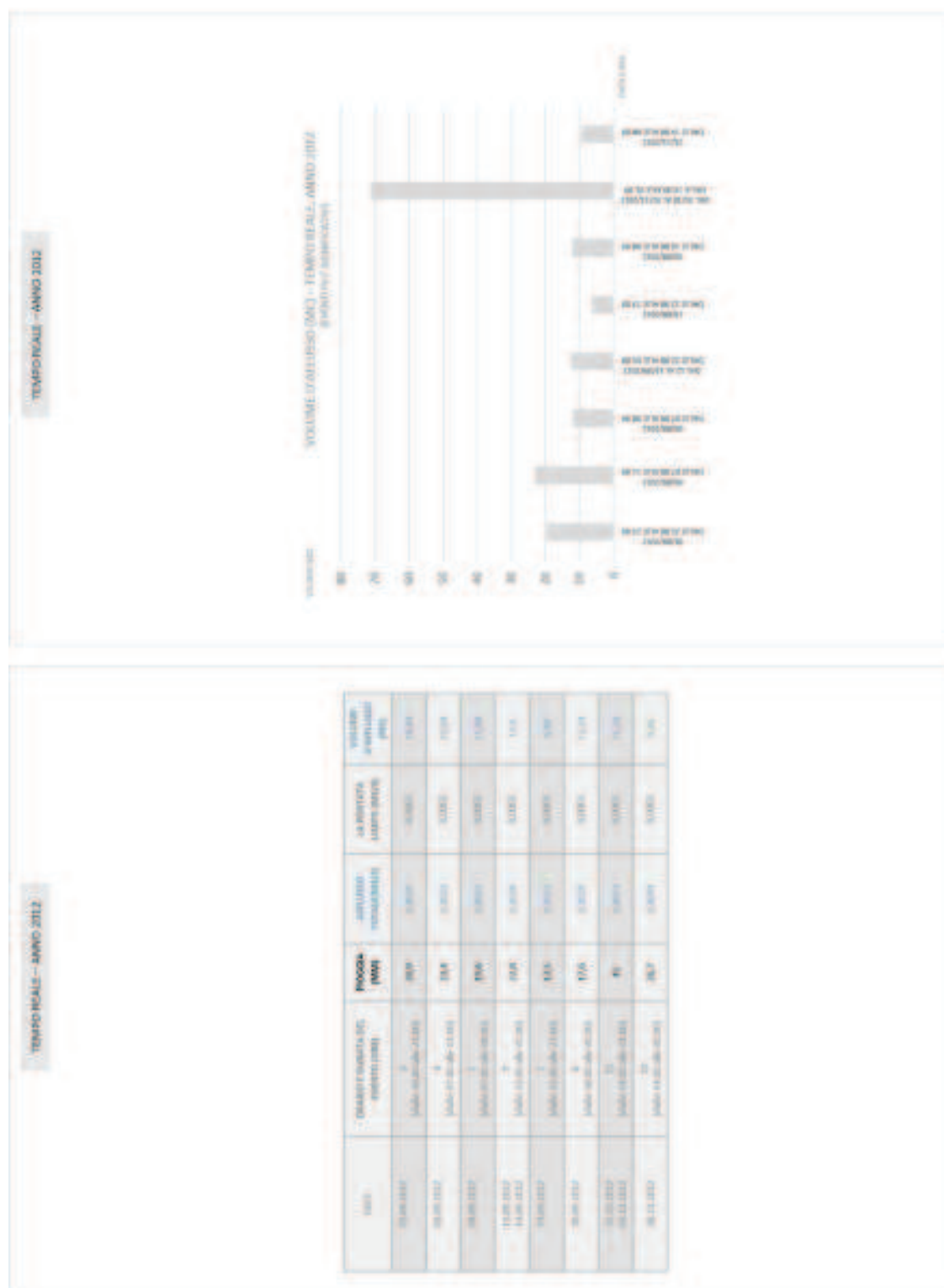
## 5. Idrologia: analisi, calcoli e la modalità della simulazione numerica del progetto

TEMPO DI RITORNO: 50 ANNI



TEMPO DI RITORNO: 50 ANNI

DATE	PIOGGIA (MM)	APFLUSSO TOTALE (M³/S)	LA PORTATA LIMITE (M³/S)	VOLUME GRABBIOSO (M³)
02/01/2013 06:45	0	0.0000	0.0000	5.79
02/01/2013 06:50	0	0.0000	0.0000	5.64
02/01/2013 06:55	0	0.0000	0.0000	5.48
02/01/2013 07:00	0	0.0000	0.0000	5.34
02/01/2013 07:05	0	0.0000	0.0000	5.20
02/01/2013 07:10	0	0.0000	0.0000	5.08
02/01/2013 07:15	0	0.0000	0.0000	4.99
02/01/2013 07:20	0	0.0000	0.0000	4.78
02/01/2013 07:25	0	0.0000	0.0000	4.59
02/01/2013 07:30	0	0.0000	0.0000	4.44
02/01/2013 07:35	0	0.0000	0.0000	4.29
02/01/2013 07:40	0	0.0000	0.0000	4.14
02/01/2013 07:45	0	0.0000	0.0000	3.99
02/01/2013 07:50	0	0.0000	0.0000	3.84
02/01/2013 07:55	0	0.0000	0.0000	3.68
02/01/2013 08:00	0	0.0000	0.0000	3.54
02/01/2013 08:05	0	0.0000	0.0000	3.39
02/01/2013 08:10	0	0.0000	0.0000	3.24
02/01/2013 08:15	0	0.0000	0.0000	3.09
02/01/2013 08:20	0	0.0000	0.0000	2.94
02/01/2013 08:25	0	0.0000	0.0000	2.79
02/01/2013 08:30	0	0.0000	0.0000	2.64
02/01/2013 08:35	0	0.0000	0.0000	2.49
02/01/2013 08:40	0	0.0000	0.0000	2.34
02/01/2013 08:45	0	0.0000	0.0000	2.19
02/01/2013 08:50	0	0.0000	0.0000	2.04
02/01/2013 08:55	0	0.0000	0.0000	1.89
02/01/2013 09:00	0	0.0000	0.0000	1.74
02/01/2013 09:05	0	0.0000	0.0000	1.59
02/01/2013 09:10	0	0.0000	0.0000	1.44
02/01/2013 09:15	0	0.0000	0.0000	1.29
02/01/2013 09:20	0	0.0000	0.0000	1.14
02/01/2013 09:25	0	0.0000	0.0000	0.99
02/01/2013 09:30	0	0.0000	0.0000	0.84
02/01/2013 09:35	0	0.0000	0.0000	0.69
02/01/2013 09:40	0	0.0000	0.0000	0.54
02/01/2013 09:45	0	0.0000	0.0000	0.39
02/01/2013 09:50	0	0.0000	0.0000	0.24
02/01/2013 09:55	0	0.0000	0.0000	0.09
02/01/2013 10:00	0	0.0000	0.0000	0
02/01/2013 10:05	0	0.0000	0.0000	0



### 5.7 LA CONCLUSIONE DEL CAPITOLO

Grazie ai calcoli effettuati tramite il software "Hec - Hms", ora abbiamo a disposizione i risultati della portata defluente dalla copertura del capannone modello e la quantità del volume dell'acqua meteorica da smaltire. Ovviamente i risultati dimostrano una crescita quantitativa di questo volume corrispondente ad



un allungamento del tempo di ritorno, cioè, un volume massimo dell'acqua da smaltire pari a 13,17 mc per il tempo di ritorno di 2 anni, in confronto a 32,54 Mc dell'acqua quando si valuta la situazione con il tempo di ritorno di 50 anni.

Nel tempo reale invece, valutando gli eventi più significativi accaduti durante l'anno 2012, il volume dell'acqua di cui il nostro sistema dovrebbe occuparsi, varia da un minimo di 6,48 mc (19/09/2012) a un massimo di 23,04 mc (03/09/2012). Salvo un evento intenso ed eccezionale accaduto nella notte del 31 ottobre 2012, che ha generato 71,28 mc d'acqua da smaltire proveniente dalla copertura del nostro capannone modello.

Questo vuol dire che nella fase di progettazione del nostro sistema verticale di drenaggio i componenti finali che formeranno la facciata del fabbricato, dovrebbero avere una capienza volumetrica che in totale riesca a contenere tutto o almeno una buona parte di queste volumi dell'acqua meteorica.

Chiaramente verranno considerati anche i parametri fondamentali come peso e dimensioni dei componenti e gli eventuali problemi che la pressione ed oscillazione dell'acqua affluente nel sistema possono causare.

# QFD

Quality Function Deployment

											Score	Importance 1-5	Weighted score	Competitive Situation					Selling Features
	Materials	Location	Content	Trainer	Registative	Cheapest Assembly	Stability	Flexibility	Quick Turnkey	Exacts Food				1	2	3	4	5	
Knowledge			●	●			●		●		26	5	130		AB	*			
Applicability	●		●	●			●		●	△	36	5	180	A	B	*			
Dependability	○		○	●	●	●	○	○			20	3	117		AB				
Inexpensive	●	●	△	○	●		△	●	○	●	53	4	212	B	A	*			
Prompt Service		○		△	●	●		○			25	4	100		AB	*			
Accuracy	●		△	△	○	●		●			32	3	96		AB				
Appearance	●	●	○	△	△	△		●	○	△	37	2	74			AB			
End on time		△	●	●			●			●	37	4	148			B			
	30	22	35	42	31	28	31	33	24	20									
	2	4	3	4	3	2	3	4	2	2	A								
	4	3	4	5	4	2	4	2	2	4	B								

## 6 DEFINIZIONE DEI REQUISITI PRESTAZIONALI E DEGLI OBIETTIVI DEL PROGETTO





### 6.1 IL METODO QFD

Nasce nel 1972 in Giappone, quando, due ingegneri Giapponesi sviluppano per la prima volta una "Quality chart" nei cantieri navali della Mitsubishi Ind, (citato dalla rivista, "quality progress" dell'american society for quality control, ASQC, Kogre e Akao, 1983), ma la diffusione del QFD, negli stati uniti e in seguito, nel mondo occidentale, è avvenuta a partire dal 1986, quasi quindici anni dopo l'esperimento nei cantieri navali in Giappone.<sup>1</sup>

Secondo la definizione della ASI (American Supplier Institute), (1987) il QFD, costruisce "uno strumento in grado di orientare il progetto di un prodotto, verso le reali esigenze di chi lo utilizza; in questo senso rappresenta un evidente e potente mezzo per l'impostazione strutturata e finalizzata dai progetti, e normalmente il suo impiego procede le attività di sviluppo, industrializzazione e produzione di nuovi prodotti e/o servizi"

Il QFD è un metodo che viene sviluppato sulla base della discussione libera sulle esigenze dell'utente e sulle caratteristiche che dovrebbe avere il prodotto o il servizio. Il metodo stabilisce una serie di processi che definiscono le caratteristiche del prodotto, le quali rappresentano le richieste degli utenti interessati al progetto. Inoltre con questo metodo possiamo sviluppare la qualità del prodotto, che si formerà sulle richieste degli utenti, nei componenti ed ogni singolo elemento durante il processo di progettazione.<sup>2</sup>

#### 6.1.1 perché il metodo QFD?

Il vantaggio principale del QFD si evidenzia, quando rispetto ad un metodo tradizionale di progettazione, cambia il modo di procedere: non si tratta più, solamente di analizzare i bisogni del cliente per cui si progetta, ma per tutti coloro che in qualsiasi modo, avranno a che fare con il prodotto progettato. Questo ci permette di evitare inconvenienti che potrebbero capitare a chi lo deve produrre, chi vuole venderlo, chi lo deve installare, chi deve impegnarsi a far manutenzione e chi lo vuole utilizzare. Inconvenienti che si possono evitare anticipatamente, soltanto quando già dall'inizio della progettazione, il progettista cerca di guardare dall'ottica di tutti gli enti coinvolti per soddisfare le loro esigenze. Il QFD, è il metodo che crea questo coinvolgimento attraverso le sue tecniche di processo.

Il metodo QFD, nonostante le sue origini d'applicazione nel settore navale, è stato anche sviluppato e utilizzato nel settore edile soprattutto nelle costruzioni su larga scala (così detti in lingua internazionale IBS, Industrialized Building System, con cui si intende in pratica, di costruire più numeri in un breve tempo). In realtà i parametri principali che garantiscono i margini di profitto per costruttori di questo settore, cioè abbassare i costi, ridurre i tempi di costruzione e velocizzare il processo di vendita, di solito influenzano negativamente sulla qualità del prodotto finale e proporzionalmente insoddisfazione degli eventuali clienti o consumatori. Ma gli studi effettuati sull'applicazione del metodo QFD in questo settore dimostrano che i principi strutturali di questo metodo, ovvero individuare e valutare le esigenze di tutti gli enti coinvolti in un processo completo di realizzazione di un progetto edilizio, compresi i progettisti, i costruttori e i futuri abitanti, possono contribuire a migliorare il risultato finale.<sup>3</sup>

I risultati di alcuni studi più recenti, riguardo all'applicazione del QFD nel settore edilizio, possono essere riassunti in questo modo:<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup>AKAO, Y, 1990

<sup>2</sup>FRANCESCHINI, F/TERZAGO, M, 1997

<sup>3</sup>HARON, N.A/LIANA, F, 2012

<sup>4</sup>GARGIONE, L.A, 1999



Fig.01  
La tabella  
riassuntiva dei  
risultati degli  
studi relativi  
all'applicazione  
QFD nel settore  
edilizio.  
Fonte:  
GARGIONE, L.A,  
1999  
HARON,  
N.A/LIANA, F,  
2012.



il prodotto finale di questo progetto di ricerca è tecnicamente legato a tre settori principali: primo è il settore edilizio con specifica direzione nella costruzione delle facciate, secondo sarà quello del design industriale, mentre l'ultimo è concentrato sulle costruzione idraulica e sistemi di drenaggio urbano. Basandosi sugli studi effettuati in tutti e tre questi settori, possiamo assicurarci che la scelta d'applicazione del metodo QFD per questo progetto sarà una scelta razionale. Tuttavia, bisognerebbe prendere atto anche dei limiti di questo metodo individuati dagli stessi studi che lo consigliano come strumento efficace per migliorare il risultato finale.

### 6.1.2 i limiti del QFD

I progetti realizzati con questo metodo, soprattutto nel settore edilizio e sistemi relativi alla costruzione a secco, distinguono due classi principali di limitazioni: quelli dovuta alla filosofia del QFD, chiamati limitazioni globali, e quelli derivati dal suo aspetto pratico chiamati i limiti specifici per l'applicazione. In poche parole, i limiti globali sono dei limiti legati alla qualità; nel senso che in questo metodo individuare il livello di qualità soddisfacente per l'utente finale è considerato illimitato. Mentre in realtà per tanti motivi, come per esempio i costi della realizzazione, queste aspettative legate alla qualità non sempre possono essere soddisfatte. D'altra parte, i limiti specifici per l'applicazione del metodo sono rappresentabili in due categorie: quelli legati alla irricognoscibilità e la mancanza del vero consumatore finale nei casi della progettazione di un prodotto, senza aver fisicamente un consumatore specifico con cui determinare tutte le esigenze nei minimi dettagli. Altra categorie dei limiti specifici all'applicazione sono la quantità notevole di tempo e le risorse umane da dover dedicare alla fase di analisi dei bisogni e la valutazione di prodotti simili già esistenti. Nonostante questi limiti, i vantaggi di questo metodo saranno abbastanza validi da poter ignorare i limiti sopracitati. I vantaggi che ci hanno incoraggiato ad usufruire delle potenzialità di questo strumento per portare al termine la fase di progettazione in questo progetto di ricerca.<sup>5</sup>

<sup>5</sup>HARON, N.A/LIANA, F, 2012

### 6.1.3 approccio al QFD, applicato in questo progetto<sup>6</sup>

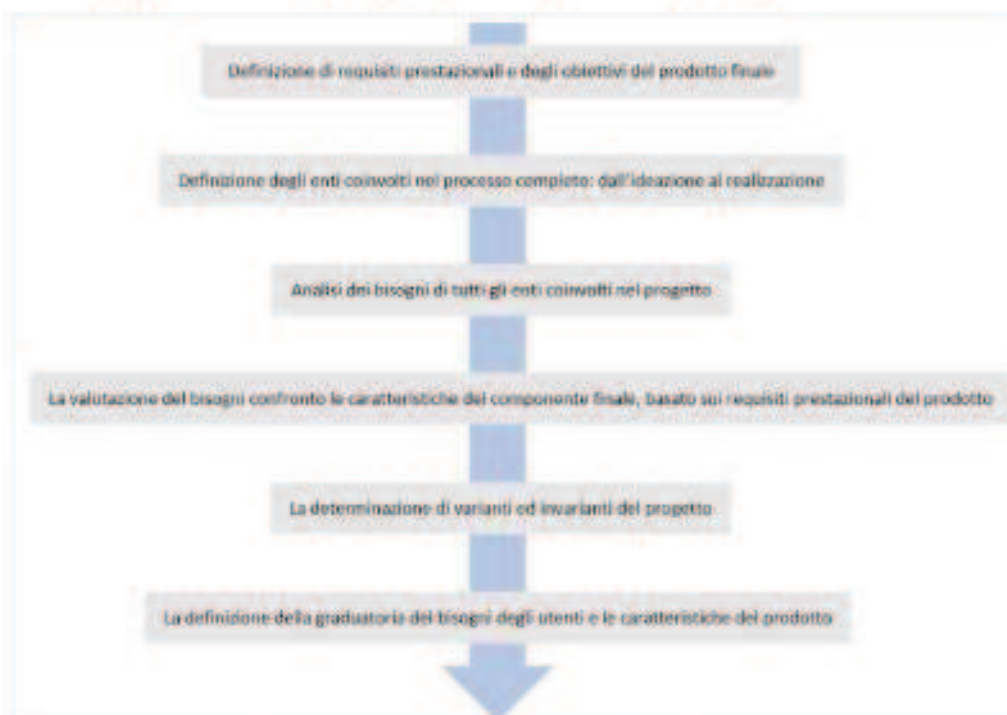


Fig.02  
Le fasi progettuali  
del metodo QFD  
applicato in questo  
progetto di ricerca  
Fonte: EUREKA,  
W.E, 1987

## 6.2 LA DEFINIZIONE DI REQUISITI PRESTAZIONALI

Ora siamo nella fase di progettazione del componente finale del nostro sistema per la facciata edilizia. Questi componenti, una volta installati sulla facciata, insieme formeranno il volume necessario per trattenere l'acqua meteorica defluita dalla copertura dell'edificio. Nel metodo QFD per definire i requisiti prestazionali del progetto, che nel nostro caso sarebbe il componente finale, le libere discussioni sulla base di ciò che ci aspettiamo dal prodotto è indispensabile.<sup>7</sup> È importante tener conto che proprio da queste discussioni dirette, si ottengono sia i requisiti prestazionali che le caratteristiche del nostro componente finale:

- Il componente finale, nonostante la funzionalità necessaria, deve seguire una linea di progettazione abbastanza semplice da poter abbassare il prezzo di produzione, in modo da poter competere con i sistemi esistenti per la facciata.
- La sottostruttura che regge i componenti deve essere compatibile tecnologicamente con le sottostrutture esistenti dei sistemi modulari per la facciata, in modo da ridurre i costi di realizzazione.
- I componenti del sistema d'ancoraggio devono essere capaci di sopportare la sollecitazione causata dall'acqua.
- Il sistema d'ancoraggio deve facilitare la sostituzione del componente finale del sistema.

<sup>6</sup> EUREKA, W.E, 1987

<sup>7</sup>FRANCESCHINI, F, 1998



## 6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

---

- Il materiale utilizzato per il componente finale deve essere resistente agli agenti atmosferici e alle variazioni di temperatura esterna.
- Il materiale utilizzato per il componente finale deve essere leggero ma allo stesso tempo, resistente alla pressione dell'acqua immagazzinata.
- Nella rete formata dai componenti finali, che coprirà la superficie verticale, deve esistere una relazione gerarchica in modo che i componenti posizionati in basso si riempiano con le eccedenze di quelli in alto, per ridurre la pressione dell'acqua trattenuta.
- Bisogna avere più di una sola entrata e di una sola uscita per l'acqua, in modo da poter minimizzare la possibilità che si formi un ingorgo nel componente finale.
- Il componente finale deve avere un corpo realizzato a doppia pelle, con una distanza minima indispensabile tra i due strati, in modo da formare una piccola camera d'aria per evitare il congelamento dell'acqua immagazzinata durante la stagione fredda.
- La dimensione dell'uscita del componente finale deve essere proporzionata alla quantità dell'acqua in uscita, in modo da rallentare il più possibile il passaggio dell'acqua da ogni componente per ridurre la velocità di deflusso finale.
- È necessaria la presenza di filtri all'ingresso del componente, per ridurre l'entrata di sporcizie.

### 6.3 LA DEFINIZIONE DEGLI ENTI COINVOLTI

Come è stato detto precedentemente, in questo metodo, l'utente non è singolo. Questo vuol dire che non si definisce "l'utente", solamente chi utilizzerà il prodotto finale. La definizione dell'utente in questo metodo, comprende tutti gli enti coinvolti nel processo di realizzazione del prodotto, cioè, dell'idea iniziale al prodotto finito, pronto ad essere utilizzato.<sup>8</sup>

Questo ci permette di individuare e classificare le esigenze di tutti gli enti coinvolti e considerarle nel processo di progettazione, in modo da avere un risultato soddisfacente per tutti coloro che avranno a che fare con il prodotto finale.

Generalmente si potrebbero suddividere gli enti coinvolti nel processo di realizzazione di un prodotto, in cinque sezioni:<sup>9</sup>

- La progettazione
- La produzione
- Il marketing
- Il consumatore
- La manutenzione

Il nostro prodotto che viene considerato un sistema, deve soddisfare il più possibile, le esigenze e i bisogni di tutte le sezioni sopracitate e non solo quelli del

---

<sup>8</sup>EUREKA, W.E, 1987

<sup>9</sup>STABILINI, G, 2002

consumatore finale. Ma prima di conoscere le loro necessità relative al nostro progetto, bisogna individuare queste figure in modo più specifico:



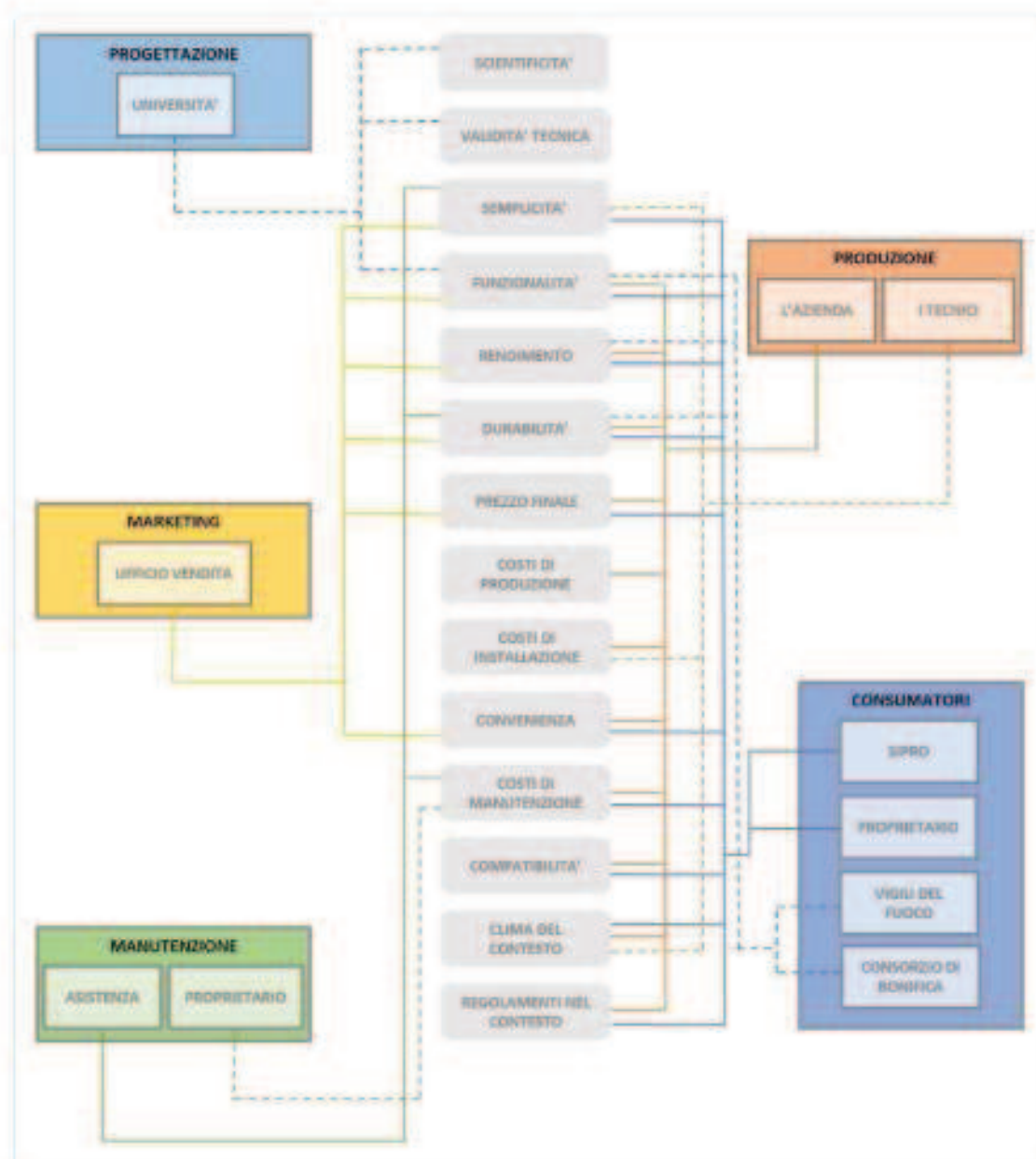
Fig.03  
La presentazione degli enti coinvolti nel processo, prima, durante e dopo della progettazione del prodotto finale basandosi sull'approccio del QFD.

### 6.3.1 analisi delle relazioni tra gli enti coinvolti

Per fare questa analisi, oltre individuare gli enti, bisogna considerare sia i benefici ottenuti da loro che i parametri vincolanti nella fase di progettazione.<sup>10</sup> In questo modo possiamo definire meglio il modo in cui gli enti vengono relazionati. Per semplificare la questione, possiamo prima definire alcuni parametri che garantiscono quei benefici:

<sup>10</sup>FRANCESCHINI, F., 1998

Fig.04  
La descrizione  
della relazione  
governante tra gli  
enti coinvolti



## 6.4 L'ANALISI DEI BISOGNI DEGLI UTENTI

Dopo aver individuato gli enti coinvolti nel progetto e definiti i requisiti prestazionali, abbiamo preveduto gli eventuali problemi tecnici che devono essere affrontati verso un funzionamento migliore da parte dei componenti finali del sistema per la facciata. A questo punto dobbiamo conoscere le esigenze ed i bisogni degli stessi enti e ciò che loro si aspetterebbero dal sistema previsto in questo progetto.

Alla fine, i bisogni riconosciuti, vengono codificati e confrontati alle caratteristiche generali che definiscono il prodotto finale. In questo modo si potrebbe conoscere uno stato di priorità alle esigenze.<sup>11</sup>

<sup>11</sup>STABILINI, G, 2002



## 6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

SETTORE DELL'ENTE: PROGETTAZIONE	I BISOGNI RELATIVI ALL'ENTE	IL CODICE RELATIVO AL BISOGNO
UNIVERSITA'	Il progetto deve avere una validità tecnica che giustifichi un eventuale processo di produzione	U1
	Che il processo dell'ideazione sia scientifico ed i risultati siano scientificamente approvabili	U2

SETTORE DELL'ENTE: PRODUZIONE	I BISOGNI RELATIVI ALL'ENTE	IL CODICE RELATIVO AL BISOGNO
L'AZIENDA	Il progetto dovrebbe avere un giustificabile rapporto di qualità – prezzo	A1
	Il prodotto dovrebbe poter competere con gli altri sistemi per la facciata dal punto di vista funzionale	A2
	Il prodotto dovrebbe avere una fascia ragionevole dei costi di produzione, installazione e la manutenzione	A3
	Il prodotto dovrebbe aver bisogno il minimo possibile della manutenzione	A4
	Il prezzo finale del prodotto dovrebbe essere accessibile per coloro che vorrebbero scegliere un sistema modulare per la facciata del proprio fabbricato	A5
	Il prodotto dovrebbe essere compatibile con altri sistemi per la facciata sia dal punto di vista tecnico – strutturale che da quello funzionale	A6
	Il prodotto dovrebbe avere una lunga durata che giustifichi l'investimento	A7
I TECNICI	Il prodotto dovrebbe richiedere un breve arco di tempo d'installazione, soprattutto nel caso di fabbricati già esistenti	T1
	Il sistema d'ancoraggio non dovrebbe essere tecnologicamente complicato	T2
	Il sistema d'ancoraggio e i componenti relativi dovrebbero essere facilmente accessibili sul mercato relativo	T3

SETTORE DELL'ENTE: MARKETING	I BISOGNI RELATIVI ALL'ENTE	IL CODICE RELATIVO AL BISOGNO
UFFICIO VENDITA	Il progetto dovrebbe avere un giustificabile rapporto di qualità – prezzo	V1
	Il prodotto dovrebbe poter competere con gli altri sistemi per la facciata dal punto di vista funzionale	V2
	Il prodotto dovrebbe avere una fascia ragionevole dei costi di produzione, installazione e la manutenzione	V3
	Il prodotto dovrebbe aver bisogno il minimo possibile della manutenzione	V4
	Il prezzo finale del prodotto dovrebbe essere accessibile per coloro che vorrebbero scegliere un sistema modulare per la facciata del proprio fabbricato	V5
	Il prodotto dovrebbe essere compatibile con altri sistemi per la facciata sia dal punto di vista tecnico – strutturale che da quello funzionale	V6
	Il prodotto dovrebbe avere una lunga durata che giustifichi l'investimento	V7

## 6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

SETTORE DELL'ENTE: CONSUMATORI	I BISOGNI RELATIVI ALL'ENTE	IL CODICE RELATIVO AL BISOGNO
SIPRO	Il prodotto dovrebbe avere il rendimento sufficiente per aiutare i sistemi di smaltimento delle acque reflue della zona	S1
	Essendo applicato sulla facciata, prodotto dovrebbe avere anche le caratteristiche necessarie per isolamento termico ed un adeguato ruolo estetico per l'edificio	S2
	Il sistema creato dal prodotto, dovrebbe avere una convenienza maggiore rispetto agli attuali sistemi della facciata, sia come un sistema collaborativo con la rete fognaria che dal punto di vista economico	S3
PROPRIETARIO	Che il prodotto abbia un costo ragionevole	P1
	Che il prodotto abbia un'efficienza e funzionalità che giustifichi i costi	P2
	Oltre alla sua capacità per il drenaggio acqua meteorica, abbia le caratteristiche necessarie per essere una adeguata soluzione per la facciata del fabbricato	P3
	Che abbia una durabilità accettabile per giustificare l'investimento	P4
	Che sia esteticamente bella da vedere	P5
	Che abbia bisogno del minimo di manutenzione	P6
	Che abbia un costo ragionevole della manutenzione	P7
	Che non crei gli effetti collaterali negativi per il fabbricato, come i cattivi odori, ecc	P8
	Che non danneggi la struttura portante dell'edificio	P9
	Che abbia la necessità di un breve tempo per l'installazione e la manutenzione	P10
VIGILI DEL FUOCO	Il sistema formato dal prodotto finale, riesca ad evitare o almeno ridurre gli eventuali allagamenti nei contesti costruiti	F1
CONDORZIO DI BONIFICA	Il prodotto dovrebbe essere capace di alleggerire il deflusso dell'acqua reflua della zona	C1
	Il prodotto dovrebbe avere un rapporto adeguato di qualità – prezzo, per poter permettere o una diffusione tangibile nei contesti costruiti	C2
	Il sistema formato dal prodotto finale, non dovrebbe influenzare negativamente sulle rete fognarie della zona	C3
	Il sistema formato dal prodotto finale, dovrebbe essere gestita indipendentemente dalle rete fognarie della zona	C4

SETTORE DELL'ENTE: MANUTENZIONE	I BISOGNI RELATIVI ALL'ENTE	IL CODICE RELATIVO AL BISOGNO
ASISTENZA	Sia i componenti che il sistema d'ancoraggio, permettano una sostituzione abbastanza semplice nei casi di cambiamenti dei componenti finale, a causa delle rotture o gli intasamenti	M1
	I vari parti del sistema d'ancoraggio e sottostruttura, siano facilmente raggiungibile durante gli interventi di manutenzione	M2



### 6.4.1 la valutazione dei bisogni degli utenti

Per la valutazione dei bisogni degli utenti, cioè, coloro che avranno a che fare con il prodotto finale di questo progetto di ricerca, ci saranno dei dati che sono relativi ad una serie di considerazioni riguardo sia al "prodotto Target" del nostro progetto che ai prodotti simili delle varie aziende che sono stati valutati nel capitolo precedente.

Innanzitutto, i bisogni individuati a seconda della loro influenza sul livello di soddisfazione degli utenti, vanno gerarchizzati su una scala da 1 a 5 che rappresenta l'importanza di ogni singolo bisogno per questo progetto. Dopodiché vengono calcolati le voci seguenti, i quali verranno raccolte in un'unica tabella:<sup>12</sup>

L'importanza del bisogno: che si dimostra dandogli un valore tra 1 e 5, considerando la ricaduta di quel bisogno sul livello di soddisfazione generale del prodotto finale dal punto di vista di ogni singolo utente.

L'importanza relativa: sarebbe la percentuale calcolata dalla somma totale della scala d'importanza dei bisogni, che viene individuata per ogni bisogno.

Il livello di soddisfazione di attuali prodotti simili: è previsto un punteggio massimo di 5 punti che saranno suddivisi in questa maniera: 2 punti per la capacità di drenaggio, 1 punto per il sistema d'ancoraggio e 2 punti per il componente finale del sistema della facciata edilizia.

I sistemi della facciata prodotti dalle aziende verificate nel capitolo precedente, vengono considerati come dei prodotti di concorrenza e portati su questa scala che rappresenta il loro livello di soddisfazione dal punto di vista degli utenti del nostro progetto di ricerca.

Obiettivo del nuovo modello: tenendo conto delle strategie scelte da noi per questo progetto e i valori ottenuti dall'analisi di prodotti simili, sempre su una scala da 1 a 5, si valorizza l'obiettivo previsto che deriva da ogni bisogno.

Punti di forza del prodotto: è il valore che stabilisce per ogni bisogno, quanto sarà importante soddisfarlo considerando, sia la sua importanza stabilita nel progetto, che il suo livello di soddisfazione nello stato attuale dei prodotti esistenti. Il valore numerico viene determinato tra "peso" 1 per le esigenze non considerate come punti di forza, 1,2 per i bisogni considerati come un possibile punto di forza e 1,5 per i punti di forza molto considerevoli.

Peso assoluto del bisogno: dal punto di vista operativo, i valori sopra presentati possono essere come gli strumenti di supporto per le decisioni che formeranno il prodotto finale di questo progetto di ricerca. Con il calcolo del "peso assoluto del bisogno" e in seguito "peso relativo del bisogno", saranno considerati, sia le esigenze degli utenti che le scelte e decisioni del progettista. Questa voce viene calcolata attraverso la seguente formula:

*Peso assoluto: livello d'importanza X ratio di miglioramento X punto di forza*

E proporzionalmente, il peso relativo, sarà la percentuale risultante dalla somma totale dei valori del peso assoluto.

## 6.5 LA VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO

---

<sup>12</sup>FRANCESCHINI, F, 1998



Dopo aver individuato i bisogni dei vari utenti, ci sarà da determinare le caratteristiche del prodotto finale, considerando quali saranno contribuenti alla soddisfazione di queste esigenze. È da sottolineare che nel metodo QFD, le caratteristiche scelte devono essere assolutamente misurabili, altrimenti non possono essere considerate come una caratteristica. Le caratteristiche da valutare sono:<sup>13</sup>

Quelle relative alla sottostruttura e il sistema d'ancoraggio:

C1: Il peso dei profili della sottostruttura .....	Unità di misura: kg
C2: La distanza tra i profili della sottostruttura.....	Unità di misura: cm
C3: Il peso della griglia d'acciaio.....	Unità di misura: kg
C4: La distanza tra le armature della griglia d'acciaio.....	Unità di misura: cm
C5: Il numero dei giunti.....	Unità di misura: N° di tipologie
C6: Il numero dei componenti d'ancoraggio.....	Unità di misura: N° dei pezzi
C7: Lo spessore creato dai componenti d'ancoraggio.....	Unità di misura: cm

Quelle relative al componente finale del sistema:

C8: La durezza del materiale.....	Unità di misura: La scala Shore
C9: L'elasticità del materiale.....	Unità di misura: mm
C10: Il colore.....	Unità di misura: bpp (Bit per pixel)
C11: Il peso.....	Unità di misura: kg
C12: La dimensione.....	Unità di misura: cm <sup>2</sup>
C13: Lo spessore della pelle.....	Unità di misura: m
C14: Il volume.....	Unità di misura: cm <sup>3</sup>
C15: Il numero degli strati della pelle.....	Unità di misura: N° dei strati
C16: La distanza tra gli strati della pelle.....	Unità di misura: mm
C17: Il numero degli spigoli.....	Unità di misura: N° dei spigoli
C18: La profondità.....	Unità di misura: cm
C19: Lo spazio tra i pannelli.....	Unità di misura: cm
C20: Il diametro dell'entrata.....	Unità di misura: cm
C21: Il diametro dell'uscita.....	Unità di misura: cm
C22: il numero delle aperture per la circolazione dell'aria.....	Unità di misura: N° delle bocchette

Anche per le caratteristiche del prodotto, applicando sempre il metodo QFD, ci saranno dei valori da calcolare:<sup>14</sup>

L'importanza della caratteristica: la somma totale dei valori che si ottengono, moltiplicando il valore che si trova nella casella di matrice della caratteristica con il bisogno degli utenti, per il valore d'importanza del bisogno stesso. Una volta determinati tutti questi valori, la percentuale derivante dalla loro somma, sarà considerata come l'importanza relativa della caratteristica.

Il peso assoluto della caratteristica: sarà la somma totale dei risultati ottenuti da questa formula:

*(Peso relativo del bisogno, il valore d'importanza del bisogno) X il valore d'importanza del bisogno*

Esempio:

se il peso relativo del bisogno è 11%, e il valore d'importanza del bisogno è uguale a 3, il peso assoluto della caratteristica sarà:  $11,3 \times 3 = 33,9$

---

<sup>13</sup>AKAO, Y, 1990

<sup>14</sup>FRANCESCHINI, F, 1998

## 6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

Mentre tramite lo stesso calcolo della percentuale, precedentemente spiegato, si stabilisce anche il peso relativo della caratteristica.

Le seguenti tabelle rappresentano tutti i calcoli sopracitati sia per i bisogni che le caratteristiche del prodotto:

I. ESISTENZA DELLA CARATTERISTICA DEL PRODOTTO	II. CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO																					
	II.A. SOTTOSTRUTTURA E SISTEMA DI ANCORAGGIO								II. COMPONENTE FINALE DEL SISTEMA DELLA FACILITAZIONE													
	IL PESO DEI REQUISITI	LA DISTANZA TRA I REQUISITI	IL PESO DI SINGOLA D'ACCIAIO	LA DISTANZA TRA LE AVVERTENZE DELLA GUIDA D'ACCIAIO	IL NUMERO DEI QUERITI	IL NUMERO DEI COMPONENTI D'ANCORAGGIO	IL PESORE CREATO DA I COMPONENTI D'ANCORAGGIO	LA ROBUSTEZZA DEL MATERIALE	LA ELASTICITA' DI MATERIALE	IL COLORE	IL PESO	LA DIMENSIONE	LO SPESORE DELLA PELLE	IL VOLUME	IL NUMERO DEI STRATI DI PELLE	LA DISTANZA TRA I STRATI DI PELLE	IL NUMERO DEI SPINGOLI	LA PROFONDITA'	LO SPAZIO TRA I BARRELLI	IL DIAMETRO DELLA INTRALIA	IL DIAMETRO DELL'USCITA	IL NUMERO DI APERTURE PER LA CIRCOLAZIONE D'ARIA
U1	3	2	3	3	4	5	3	3	3	3	4	3	3	3	2	3	3	3	5	5	3	
V2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	3	5	2	3	1	1	2	4	4	3
A1	3	4	3	4	4	5	2	5	3	4	4	4	5	5	3	3	3	3	4	4	2	
A2	2	3	2	2	4	3	3	4	1	1	1	3	2	2	2	1	2	4	3	1	1	4
A3	4	4	4	4	5	5	3	4	2	3	4	5	5	3	3	4	4	5	5	5	4	
A4	1	1	1	1	5	5	1	4	1	1	1	2	1	1	4	1	1	1	4	4	5	
A5	3	4	4	4	5	5	1	4	1	1	1	3	3	3	3	2	4	5	2	2	2	
A6	4	4	5	5	5	5	1	5	1	1	5	5	2	5	1	3	4	4	4	1	1	3
A7	2	3	2	2	4	4	2	5	5	1	3	2	4	2	5	5	1	1	1	5	4	5
T1	4	4	4	4	5	5	1	1	4	1	5	5	2	5	1	3	3	5	1	1	1	1
T2	5	5	5	5	5	5	1	1	4	1	4	4	5	4	2	3	1	3	1	1	1	1
T3	3	3	3	3	4	4	1	1	1	4	4	4	4	1	1	1	1	3	1	1	1	1
V1	3	4	3	4	4	5	2	5	3	4	4	4	5	5	2	3	3	3	4	4	3	
V2	2	3	2	2	4	3	5	4	1	1	1	3	2	2	2	3	2	4	3	1	1	4
V3	4	4	4	4	5	5	2	4	2	3	4	5	5	5	3	4	4	5	5	3	4	
V4	1	1	1	1	5	5	1	5	4	1	1	2	1	1	4	4	1	1	1	4	4	3
V5	3	4	4	4	5	5	1	4	1	1	1	3	3	3	5	1	2	4	5	2	1	1
V6	4	4	5	5	5	5	1	1	1	5	5	2	5	1	3	4	4	4	3	1	1	2
V7	2	3	2	2	4	4	2	5	5	1	4	3	4	2	5	5	1	1	1	4	4	4
M1	1	1	1	1	5	5	1	5	5	1	5	5	4	5	1	2	1	1	5	4	4	1

Fig.05  
Le tabelle degli analisi dei bisogni degli utenti relativamente alle caratteristiche del prodotto finale basandosi sull'approccio del metodo QFD



## 6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

LE CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO		LE CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO																			
		LA SOTTOSTRUTTURA E IL SISTEMA DI INCORPORAZIONE										IL COMPONENTE FINALE DEL SISTEMA DELLA FACILITÀ EDILIZIA									
		IL PESO DEI REQUISITI	LA DISTANZA TRA I REQUISITI	IL PESO DI OGNI CIRCULO	DISTANZA TRA LE ANGIATURE DELLA CIRCUOLA D'INCORPORAZIONE	NUMERO DEI QUANTI	NUMERO DEI COMPONENTI D'INCORPORAZIONE	SPESORE CREATO DA COMPONENTI D'INCORPORAZIONE	LA DURATA DEL MANIPOLAZIONE	LA ELASTICITA' DI MANTENIMENTO	IL COLORE	IL PESO	LA DIMENSIONE	LO SPESORE DELLA PELLE	IL VOLUME	NUMERO DEI STRATI DI PELLE	DISTANZA TRA GLI STRATI DI PELLE	NUMERO DEI VINCOLI	LA PROFONDITA'	LO SPESORE TRA I PANNELLI	DIAMETRO DELLA INTIMITA'
M2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P1	4	3	4	5	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
P2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
P4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
P9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
P10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
F1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
S1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
S3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Ora che per tutti gli enti abbiamo la valutazione dei loro bisogni, possiamo calcolare le voci precedentemente rappresentati che sono necessarie per completare l'applicazione il metodo. Output di questi calcoli sarà la gerarchizzazione dei bisogni e le caratteristiche del prodotto finale sulla base di loro l'importanza calcolata:



6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

BISOGNI	CARATTERISTICHE												LIVELLO DI SODDISFAZIONE DEI PRODOTTI SUL MERCATO (PRODOTTI DELLE AZIENDE VERIFICATE NEL CAPITOLO PRECEDENTE)												PUNIFICAZIONE DELLA QUALITÀ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	LA SODDISFAZIONE È SOSTANZIAMENTE SUPERIORE						IL COMPARTIMENTO DELLA FACCEA È BUONA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
011	012	013	014	015	016	017	018	019	020	021	022	023	024	025	026	027	028	029	030	031	032	033	034	035	036	037	038	039	040	041	042	043	044	045	046	047	048	049	050	051	052	053	054	055	056	057	058	059	060	061	062	063	064	065	066	067	068	069	070	071	072	073	074	075	076	077	078	079	080	081	082	083	084	085	086	087	088	089	090	091	092	093	094	095	096	097	098	099	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

Fig.06. Le tabelle della dimostrazione dei risultati dei calcoli relativi alla pianificazione della qualità basandosi sull'approccio del QFD

## 6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

INDICATORI	CARATTERISTICHE																LIVELLO DI SODDISFAZIONE DEI ATTUALI PRODOTTI SUL MERCATO (PRODOTTI DELLE AZIENDE VERIFICATE NEL CANTINO PRECEDENTE)																PUNIFICAZIONE DELLA QUALITÀ																							
	L'ASSETTO ORGANIZZATIVO E GESTIONALE D'IMPRESA								IL COMPLESSIVO IMPIANTO DELLA SODDISFAZIONE								SUL MERCATO								SUL MERCATO PRECEDENTE								SUL MERCATO																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8																
V1	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8								
V2	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
V3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
V4	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
V5	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
V6	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
V7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
M1	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
M2	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
P1	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8







6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

Fig.07 (aatto)

La dimostrazione dei risultati dei calcoli del peso assoluto e il peso relativo delle caratteristiche del prodotto finale basandosi sull'approccio del QFD

BISOGNI	CARATTERISTICHE																	LIVELLO DI SODDISFAZIONE DEI ATTUALI PRODOTTI SUL MERCATO (PRODOTTI DELLE AZIENDE VERIFICATE NEL CAPITOLO PRECEDENTE)										PIANIFICAZIONE DELLA QUALITÀ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	LA SOTTO-COMUNITÀ È SODDISFATTA										SE COMPONENTI INDELI DELLA SOTTO-COMUNITÀ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33	C34	C35	C36	C37	C38	C39	C40	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C47	C48	C49	C50	C51	C52	C53	C54	C55	C56	C57	C58	C59	C60	C61	C62	C63	C64	C65	C66	C67	C68	C69	C70	C71	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C78	C79	C80	C81	C82	C83	C84	C85	C86	C87	C88	C89	C90	C91	C92	C93	C94	C95	C96	C97	C98	C99	C100	C101	C102	C103	C104	C105	C106	C107	C108	C109	C110	C111	C112	C113	C114	C115	C116	C117	C118	C119	C120	C121	C122	C123	C124	C125	C126	C127	C128	C129	C130	C131	C132	C133	C134	C135	C136	C137	C138	C139	C140	C141	C142	C143	C144	C145	C146	C147	C148	C149	C150	C151	C152	C153	C154	C155	C156	C157	C158	C159	C160	C161	C162	C163	C164	C165	C166	C167	C168	C169	C170	C171	C172	C173	C174	C175	C176	C177	C178	C179	C180	C181	C182	C183	C184	C185	C186	C187	C188	C189	C190	C191	C192	C193	C194	C195	C196	C197	C198	C199	C200	C201	C202	C203	C204	C205	C206	C207	C208	C209	C210	C211	C212	C213	C214	C215	C216	C217	C218	C219	C220	C221	C222	C223	C224	C225	C226	C227	C228	C229	C230	C231	C232	C233	C234	C235	C236	C237	C238	C239	C240	C241	C242	C243	C244	C245	C246	C247	C248	C249	C250	C251	C252	C253	C254	C255	C256	C257	C258	C259	C260	C261	C262	C263	C264	C265	C266	C267	C268	C269	C270	C271	C272	C273	C274	C275	C276	C277	C278	C279	C280	C281	C282	C283	C284	C285	C286	C287	C288	C289	C290	C291	C292	C293	C294	C295	C296	C297	C298	C299	C300	C301	C302	C303	C304	C305	C306	C307	C308	C309	C310	C311	C312	C313	C314	C315	C316	C317	C318	C319	C320	C321	C322	C323	C324	C325	C326	C327	C328	C329	C330	C331	C332	C333	C334	C335	C336	C337	C338	C339	C340	C341	C342	C343	C344	C345	C346	C347	C348	C349	C350	C351	C352	C353	C354	C355	C356	C357	C358	C359	C360	C361	C362	C363	C364	C365	C366	C367	C368	C369	C370	C371	C372	C373	C374	C375	C376	C377	C378	C379	C380	C381	C382	C383	C384	C385	C386	C387	C388	C389	C390	C391	C392	C393	C394	C395	C396	C397	C398	C399	C400	C401	C402	C403	C404	C405	C406	C407	C408	C409	C410	C411	C412	C413	C414	C415	C416	C417	C418	C419	C420	C421	C422	C423	C424	C425	C426	C427	C428	C429	C430	C431	C432	C433	C434	C435	C436	C437	C438	C439	C440	C441	C442	C443	C444	C445	C446	C447	C448	C449	C450	C451	C452	C453	C454	C455	C456	C457	C458	C459	C460	C461	C462	C463	C464	C465	C466	C467	C468	C469	C470	C471	C472	C473	C474	C475	C476	C477	C478	C479	C480	C481	C482	C483	C484	C485	C486	C487	C488	C489	C490	C491	C492	C493	C494	C495	C496	C497	C498	C499	C500	C501	C502	C503	C504	C505	C506	C507	C508	C509	C510	C511	C512	C513	C514	C515	C516	C517	C518	C519	C520	C521	C522	C523	C524	C525	C526	C527	C528	C529	C530	C531	C532	C533	C534	C535	C536	C537	C538	C539	C540	C541	C542	C543	C544	C545	C546	C547	C548	C549	C550	C551	C552	C553	C554	C555	C556	C557	C558	C559	C560	C561	C562	C563	C564	C565	C566	C567	C568	C569	C570	C571	C572	C573	C574	C575	C576	C577	C578	C579	C580	C581	C582	C583	C584	C585	C586	C587	C588	C589	C590	C591	C592	C593	C594	C595	C596	C597	C598	C599	C600	C601	C602	C603	C604	C605	C606	C607	C608	C609	C610	C611	C612	C613	C614	C615	C616	C617	C618	C619	C620	C621	C622	C623	C624	C625	C626	C627	C628	C629	C630	C631	C632	C633	C634	C635	C636	C637	C638	C639	C640	C641	C642	C643	C644	C645	C646	C647	C648	C649	C650	C651	C652	C653	C654	C655	C656	C657	C658	C659	C660	C661	C662	C663	C664	C665	C666	C667	C668	C669	C670	C671	C672	C673	C674	C675	C676	C677	C678	C679	C680	C681	C682	C683	C684	C685	C686	C687	C688	C689	C690	C691	C692	C693	C694	C695	C696	C697	C698	C699	C700	C701	C702	C703	C704	C705	C706	C707	C708	C709	C710	C711	C712	C713	C714	C715	C716	C717	C718	C719	C720	C721	C722	C723	C724	C725	C726	C727	C728	C729	C730	C731	C732	C733	C734	C735	C736	C737	C738	C739	C740	C741	C742	C743	C744	C745	C746	C747	C748	C749	C750	C751	C752	C753	C754	C755	C756	C757	C758	C759	C760	C761	C762	C763	C764	C765	C766	C767	C768	C769	C770	C771	C772	C773	C774	C775	C776	C777	C778	C779	C780	C781	C782	C783	C784	C785	C786	C787	C788	C789	C790	C791	C792	C793	C794	C795	C796	C797	C798	C799	C800	C801	C802	C803	C804	C805	C806	C807	C808	C809	C810	C811	C812	C813	C814	C815	C816	C817	C818	C819	C820	C821	C822	C823	C824	C825	C826	C827	C828	C829	C830	C831	C832	C833	C834	C835	C836	C837	C838	C839	C840	C841	C842	C843	C844	C845	C846	C847	C848	C849	C850	C851	C852	C853	C854	C855	C856	C857	C858	C859	C860	C861	C862	C863	C864	C865	C866	C867	C868	C869	C870	C871	C872	C873	C874	C875	C876	C877	C878	C879	C880	C881	C882	C883	C884	C885	C886	C887	C888	C889	C890	C891	C892	C893	C894	C895	C896	C897	C898	C899	C900	C901	C902	C903	C904	C905	C906	C907	C908	C909	C910	C911	C912	C913	C914	C915	C916	C917	C918	C919	C920	C921	C922	C923	C924	C925	C926	C927	C928	C929	C930	C931	C932	C933	C934	C935	C936	C937	C938	C939	C940	C941	C942	C943	C944	C945	C946	C947	C948	C949	C950	C951	C952	C953	C954	C955	C956	C957	C958	C959	C960	C961	C962	C963	C964	C965	C966	C967	C968	C969	C970	C971	C972	C973	C974	C975	C976	C977	C978	C979	C980	C981	C982	C983	C984	C985	C986	C987	C988	C989	C990	C991	C992	C993	C994	C995	C996	C997	C998	C999	C1000	C1001	C1002	C1003	C1004	C1005	C1006	C1007	C1008	C1009	C1010	C1011	C1012	C1013	C1014	C1015	C1016	C1017	C1018	C1019	C1020	C1021	C1022	C1023	C1024	C1025	C1026	C1027	C1028	C1029	C1030	C1031	C1032	C1033	C1034	C1035	C1036	C1037	C1038	C1039	C1040	C1041	C1042	C1043	C1044	C1045	C1046	C1047	C1048	C1049	C1050	C1051	C1052	C1053	C1054	C1055	C1056	C1057	C1058	C1059	C1060	C1061	C1062	C1063	C1064	C1065	C1066	C1067	C1068	C1069	C1070	C1071	C1072	C1073	C1074	C1075	C1076	C1077	C1078	C1079	C1080	C1081	C1082	C1083	C1084	C1085	C1086	C1087	C1088	C1089	C1090	C1091	C1092	C1093	C1094	C1095	C1096	C1097	C1098	C1099	C1100	C1101	C1102	C1103	C1104	C1105	C1106	C1107	C1108	C1109	C1110	C1111	C1112	C1113	C1114	C1115	C1116	C1117	C1118	C1119	C1120	C1121	C1122	C1123	C1124	C1125	C1126	C1127	C1128	C1129	C1130	C1131	C1132	C1133	C1134	C1135	C1136	C1137	C1138	C1139	C1140	C1141	C1142	C1143	C1144	C1145	C1146	C1147	C1148	C1149	C1150	C1151	C1152	C1153	C1154	C1155	C1156	C1157	C1158	C1159	C1160	C1161	C1162	C1163	C1164	C1165	C1166	C1167	C1168	C1169	C1170	C1171	C1172	C1173	C1174	C1175	C1176	C1177	C1178	C1179	C1180	C1181	C1182	C1183	C1184	C1185	C1186	C1187	C1188	C1189	C1190	C1191	C1192	C1193	C1194	C1195	C1196	C1197	C1198	C1199	C1200	C1201	C1202	C1203	C1204	C1205	C1206	C1207	C1208	C1209	C1210	C1211	C1212	C1213	C1214	C1215	C1216	C1217	C1218	C1219	C1220	C1221	C1222	C1223	C1224	C1225	C1226	C1227	C1228	C1229	C1230	C1231	C1232	C1233	C1234	C1235	C1236	C1237	C1238	C1239	C1240	C1241	C1242	C1243	C1244	C1245	C1246	C1247	C1248	C1249	C1250	C1251	C1252	C1253	C1254	C1255	C1256	C1257	C1258	C1259	C1260	C1261	C1262	C1263	C1264	C1265	C1266	C1267	C1268	C1269	C1270	C1271	C1272	C1273	C1274	C1275	C1276	C1277	C1278	C1279	C1280	C1281	C1282	C1283	C1284	C1285	C1286	C1287	C1288	C1289	C1290	C1291	C1292	C1293	C1294	C1295	C1296	C1297	C1298	C1299	C1300	C1301	C1302	C1303	C1304	C1305	C1306	C1307	C1308	C1309	C1310	C1311	C1312	C1313	C1314	C1315	C1316	C1317	C1318	C1319	C1320	C1321	C1322	C1323	C1324	C1325	C1326	C1327	C1328	C1329	C1330	C1331	C1332	C1333	C1334	C1335	C1336	C1337	C1338	C1339	C1340	C1341	C1342	C1343	C1344	C1345	C1346	C1347	C1348	C1349	C1350	C1351	C1352	C1353	C1354	C1355	C1356	C1357	C1358	C1359	C1360	C1361	C1362	C1363	C1364	C1365	C1366	C1367	C1368	C1369	C1370	C1371	C1372	C1373	C1374	C1375	C1376	C1377	C1378	C1379	C1380	C1381	C1382	C1383	C1384	C1385	C1386	C1387	C1388	C1389	C1390	C1391	C1392	C1393	C1394	C1395	C1396	C1397	C1398	C1399	C1400	C1401	C1402	C1403	C1404	C1405	C1406	C1407	C1408	C1409	C1410	C1411	C1412	C1413	C1414	C1415	C1416	C1417	C1418	C1419	C1420	C1421	C1422	C1423	C1424	C1425	C1426	C1427	C1428	C1429	C1430	C1431	C1432	C1433	C1434	C1435	C1436	C1437	C1438	C1439	C1440	C1441	C1442	C1443	C1444	C1445	C1446	C1447	C1448	C1449	C1450	C1451	C1452	C1453	C1454	C1455	C1456	C1457

## 6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

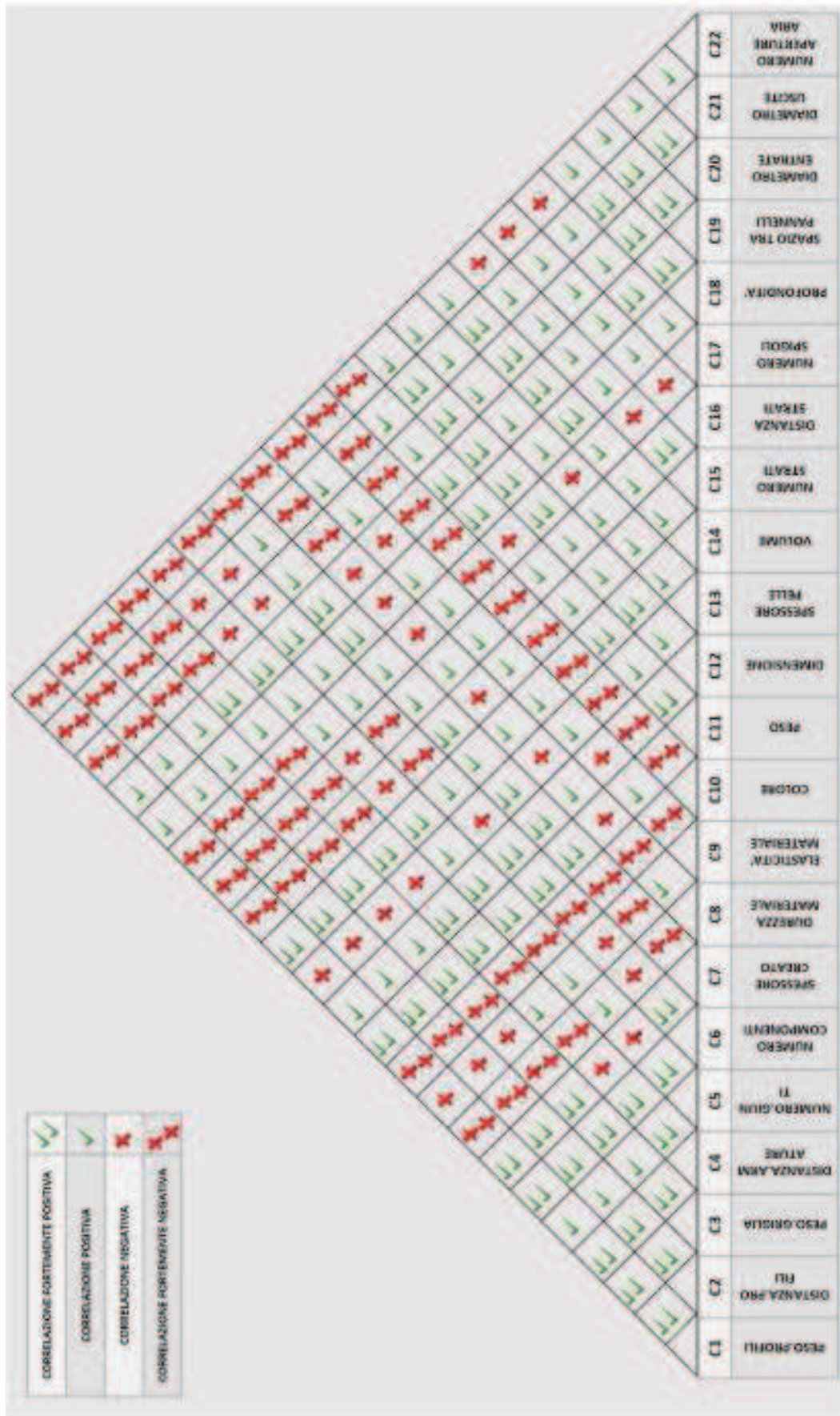


Fig.08  
La tabella della matrice della correlazione tra le caratteristiche del prodotto finale basandosi sull'approccio del CFD



## 6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

Fig.09  
Risultato numerico  
della matrice della  
correlazione tra le  
caratteristiche del  
prodotto finale

CODICE DI CARATTERISTICHE	RAPPORTO DI CORRELAZIONE (%)				PERCENTUALE TOTALE POSITIVA (%)	PERCENTUALE TOTALE NEGATIVA (%)	RISULTATO FINALE
	✓✓	✓	✗	✗✗			
C1	33.5	19.5	9	38	53.5	47	DA CONSIDERARE
C2	33.5	19.5	9	38	53	47	DA CONSIDERARE
C3	33.5	19.5	9	38	53	47	DA CONSIDERARE
C4	28.5	24	9	38	52.5	47.5	DA CONSIDERARE
C5	29.5	38.5	23.5	9.5	67	31.5	DA CONSIDERARE
C6	43	14	28.5	14.5	57	43	DA CONSIDERARE
C7	47.5	24	9	19.5	71.5	28.5	DA CONSIDERARE
C8	0	24	33	43	24	76	DA IGNORARE
C9	0	57	29	14	57	43	DA CONSIDERARE
C10	0	0	0	100	0	100	DA IGNORARE
C11	52.5	28.5	9	10	81	19	DA CONSIDERARE
C12	52.5	33.5	9	5	86	14	DA CONSIDERARE
C13	5	62	28.5	4.5	67	33	DA CONSIDERARE
C14	52.5	38	4.5	5	90.5	9.5	DA CONSIDERARE
C15	9.5	47.5	14	29	57	43	DA CONSIDERARE
C16	4.5	47.5	19	29	52	48	DA CONSIDERARE
C17	9	43	24	24	52	48	DA CONSIDERARE
C18	33.5	57	4.5	4.5	90.5	9.5	DA CONSIDERARE
C19	52.5	33.5	9.5	4.5	86	14	DA CONSIDERARE
C20	24	38	9.5	28.5	62	38	DA CONSIDERARE
C21	24	38	9.5	28.5	62	38	DA CONSIDERARE
C22	0	33.5	14	53.5	33.5	67.5	DA IGNORARE



CODICE DI CARATTERISTICHE	RISULTATO FINALE
C14	LIVELLO DI CORRELAZIONE SOPRA DI 70%
C18	
C12	
C19	
C11	
C7	
C3	LIVELLO DI CORRELAZIONE DA 50 A 70%
C13	
C20	
C21	
C5	
C9	
C15	
C1	
C2	
C3	
C4	
C16	
C17	
C8	
C10	
C22	

Fig. 10  
La dimostrazione del risultato finale della matrice della correlazione tra le caratteristiche del prodotto finale

## 6.6 I VARIANTI ED INVARIANTI PROGETTUALI

Per determinare i varianti ed invarianti di questo progetto, bisogna prima conoscere i problemi principali che lungo il processo di progettazione, ci fanno capire dove abbiamo la scelta e il potere di creazione, e dove bisogna semplicemente adattarsi a ciò che è stabilito e non abbiamo il potere di

modificarlo. I parametri riconosciuti per il nostro caso possono essere definiti in questo modo:

Il design industriale  
Il clima  
Le normative  
L'urbanistica  
Le politiche aziendali  
Il mercato

Questi parametri possono essere considerati come un esagono che comprende il nostro progetto e influenzano direttamente sul prodotto finale derivato. Si possono raggruppare questi parametri, in tre categorie di varianti, invarianti e semi varianti; e con questo ordine abbiamo:

VARIANTI:

- la Tipologia del Design industriale

INVARIANTI:

- Il clima  
- Le normative  
- L'urbanistica

Il parametro considerato un variante, è il campo in cui il progettista ha la libertà di procedere, ovviamente su una base scientifica e ragionevole, verso una quantità illimitata di cambiamenti, le modifiche e le creazioni necessarie per avere il risultato finale come un prodotto approvabile dal punto di vista della progettazione. Quelli invarianti però, sono i parametri per cui il progettista non ha alcun potere per effettuare delle modifiche alle base delle sue necessità progettuali. Perciò, il progettista deve semplicemente adattarsi e limitarsi a ciò che viene direttamente o indirettamente stabilito da loro.<sup>15</sup>

### 6.6.1 i varianti del progetto

La tipologia del design industriale; il componente finale derivante da questo parametro, potrebbe variare da 4 punti di vista:

1. **IL MATERIALE**, che può variare il risultato nei seguenti modi:

- Abbassare i costi di produzione  
- Abbassare il prezzo finale  
- Abbassare il peso del componente

2. **IL COLORE E TEXETURE**, che possono variare alla base di:

- Il gusto del proprietario del fabbricato  
- I regolamenti stabiliti dal comune  
- La compatibilità estetica con il contesto

---

<sup>15</sup>FRANCESCHINI, F/TERZAGO, M,

## 6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

---

-	La fascia del prezzo finale
<b>3.</b>	<b>LO SPESSORE, che può variare alla base di:</b>
-	La quantità dell'acqua da trattenere
-	La dimensione della superficie verticale dell'edificio
-	Distribuzione del peso, per le strutture particolari
-	Aumentare il volume creato dal sistema alla base di necessità progettuale
<b>4.</b>	<b>DIAMETRO DELLE TUBATURE, che può variare alla base di:</b>
-	La capacità di smaltimento della rete fognaria del contesto
-	L'altezza dell'edificio
-	La grandezza della superficie verticale del fabbricato
-	La presenza di un sistema integrale per il riciclaggio dell'acqua trattenuta

### 6.6.2 invarianti del progetto

Il componente finale derivato da questo progetto deve adattarsi a questi invarianti, per i seguenti motivi sotto citati:

<b>1.</b>	<b>IL CLIMA:</b>
-	La quantità di precipitazione del contesto
-	La temperatura del contesto
-	La scelta di materiale del componente finale
<b>2.</b>	<b>LE NORMATIVE:</b>
-	I limiti previsti per l'applicazione dei sistemi per la facciata
-	I limiti stabiliti per la quantità d'acqua smaltita dal consorzio di bonifica della zona
-	I limiti relativi all'estetica dei componenti finali sulla facciata
-	I limiti relativi a materiale utilizzato per il componente finale
-	I limiti relativi alle facciate nei centri storici
<b>3.</b>	<b>L'URBANISTICA:</b>
-	La destinazione d'uso del contesto
-	La percentuale della superficie impermeabile
-	La quantità edificata del contesto

## 6.7 LA CONCLUSIONE DEL CAPITOLO

Il metodo QFD ci permette di valutare i bisogni degli utenti che, in un modo o nell'altro, avranno a che fare con il prodotto finale del progetto. Allo stesso tempo



ci permette anche di valutare lo stato attuale dei prodotti simili già esistenti sul mercato. Guardando i risultati portati sulle tabelle, possiamo notare che mentre il valore del peso assoluto della maggior parte dei bisogni varia tra un minimo di 3 (per il bisogno C2) e un massimo di 11 (per il bisogno S1 e P5), sono presenti anche 6 bisogni con il peso assoluto notevolmente più alto rispetto agli altri, cioè tra 18 e 38.

Questi bisogni con il peso assoluto maggiore, sono relativi alla capacità drenante del prodotto finale del progetto che non erano previsti dagli altri prodotti simili, cioè i componenti finale degli attuali sistemi per la facciata edilizia.

Praticamente il valore del peso assoluto dei bisogni, ci indica quali sono le esigenze più importanti da considerare. Gli stessi che diventeranno i punti di forza del nostro prodotto finale. Mentre la valutazione degli stessi bisogni nei prodotti esistenti, ci permette di creare una base dei minimi indispensabili dal punto di vista delle esigenze per coloro che abbiano deciso di realizzare una facciata ventilata per il proprio edificio.

D'altra parte i valori del peso assoluto delle caratteristiche, che sono stati calcolati e presentati con le tabelle sottocitate, ci fanno capire quali caratteristiche del prodotto finale avranno un ruolo più importante per soddisfare le esigenze degli utenti. Perciò queste caratteristiche dovranno essere considerate maggiormente durante la fase della progettazione finale.

Nella Tabella 11, sulla base dei valori calcolati per peso assoluto, elenchiamo una graduatoria per tutti i bisogni rappresentati dai vari utenti e di seguito la tabella 12: invece, metterà in gerarchia le caratteristiche del prodotto finale, considerando il valore del peso assoluto della caratteristica derivante da tutti gli utenti: (i valori risultanti sono stati calcolati tramite le formule presentate nel paragrafo 6.4)

## 6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

CODICE RELATIVO AL BISOGNO	PESO ASSOLUTO DEL BISOGNO	CODICE RELATIVO AL BISOGNO	PESO ASSOLUTO DEL BISOGNO	CODICE RELATIVO AL BISOGNO	PESO ASSOLUTO DEL BISOGNO
C3	38	A2	9	V5	6
F1	38	U1	8	P1	5
C1	38	U2	8	A3	4
P3	38	A1	8	A4	4
C4	30	P2	8	A7	4
S3	18	P8	8	T1	4
P5	11	P9	8	T3	4
S1	11	V1	8	V3	4
S2	9	M2	8	V4	4
M1	9	A5	6	V7	4
V6	9	T2	6	P7	4
V2	9	P4	6	P10	4
A6	9	P6	6	C2	3

Fig.11  
La graduatoria dei bisogni degli utenti considerando i valori di loro peso assoluto calcolati con le formule relative al CFD

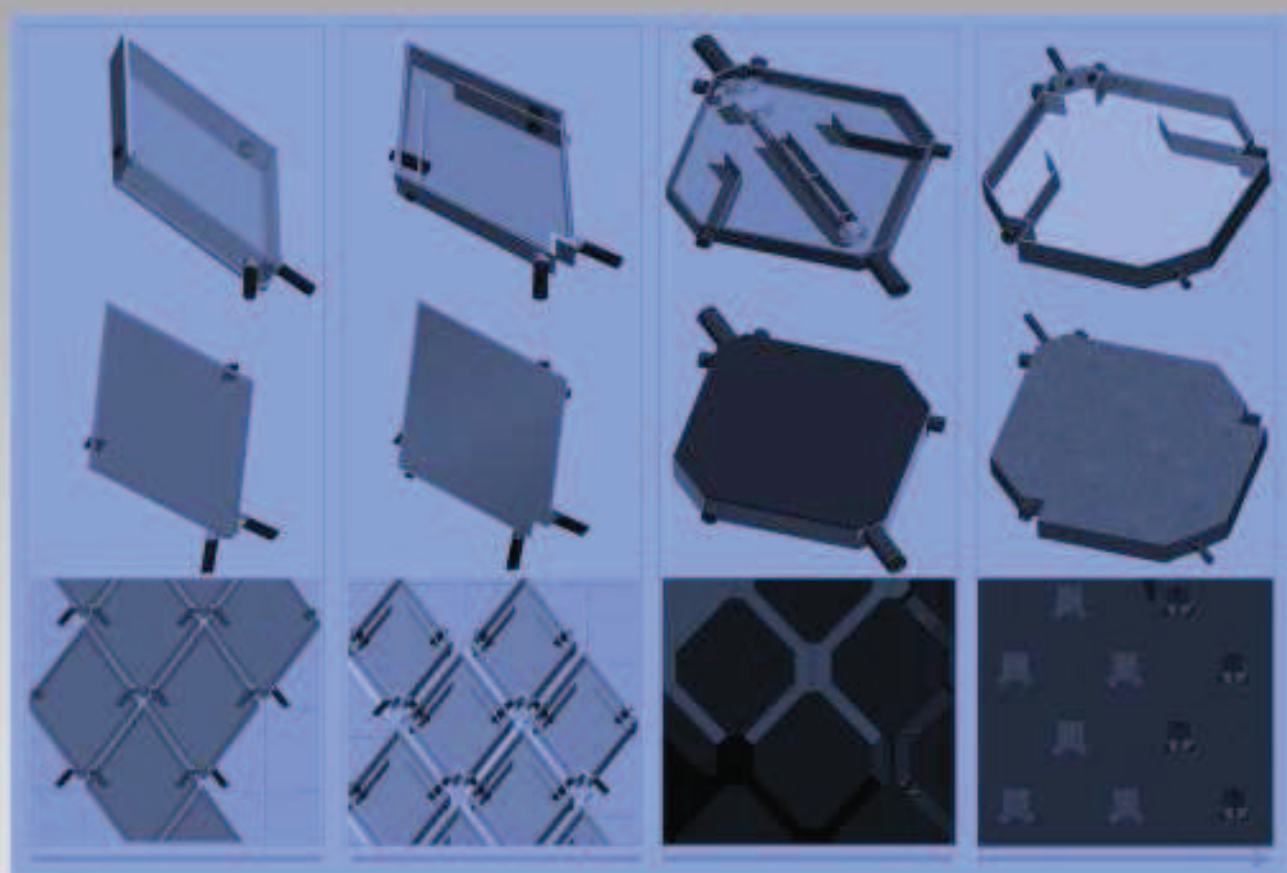
## 6. Definizione dei requisiti prestazionali e degli obiettivi del progetto

Fig.12

La graduatoria delle caratteristiche del prodotto finale considerando i valori di loro peso assoluto calcolato con le formule relative del QFD

CODICE RELATIVO ALLA CARATTERISTICA	PELO ASSOLUTO DELLA CARATTERISTICA	LA CARATTERISTICA	CODICE RELATIVO ALLA CARATTERISTICA	PELO ASSOLUTO DELLA CARATTERISTICA	LA CARATTERISTICA
<b>C12</b>	1066	LA DIMENSIONE DEL COMPONENTE FINALE	<b>C4</b>	485	LA DISTANZA TRA LE ARMATURE DELLA GRIGLIA D'ACCIAIO
<b>C14</b>	1002	IL VOLUME	<b>C20</b>	421	IL DIAMETRO DELL'ENTRATA
<b>C5</b>	887	NUMERO DEI GIUNTI	<b>C21</b>	421	IL DIAMETRO DELL'USCITA
<b>C19</b>	850	LO SPAZIO TRA I PANNELLI	<b>C13</b>	257	LO SPESSORE DELLA PELLE DEL COMPONENTE FINALE
<b>C6</b>	833	NUMERO DEI COMPONENTI D'ANCORAGGIO	<b>C9</b>	246	LA ELASTICITA' DEL MATERIALE
<b>C18</b>	720	LA PROFONDITA'	<b>C7</b>	234	LO SPESSORE CREATO DAI COMPONENTI D'ANCORAGGIO
<b>C2</b>	705	LA DISTANZA TRA I PROFILI DELLA SOTTOSTRUTTURA	<b>C17</b>	193	IL NUMERO DEI SPIGOLI
<b>C1</b>	659	IL PESO DEI PROFILI DELLA SOTTOSTRUTTURA	<b>C15</b>	191	IL NUMERO DEI STRATI DELLA PELLE
<b>C11</b>	656	IL PESO DEL COMPONENTE FINALE	<b>C10</b>	119	IL COLORE DEL COMPONENTE FINALE
<b>C8</b>	525	LA DUREZZA DEL MATERIALE	<b>C22</b>	53	IL NUMERO DELLE APERTURE PER LA CIRCOLAZIONE D'ARIA
<b>C3</b>	486	IL PESO DELLA GRIGLIA D'ACCIAIO	<b>C16</b>	22	LA DISTANZA TRA GLI STRATI DELLA PELLE





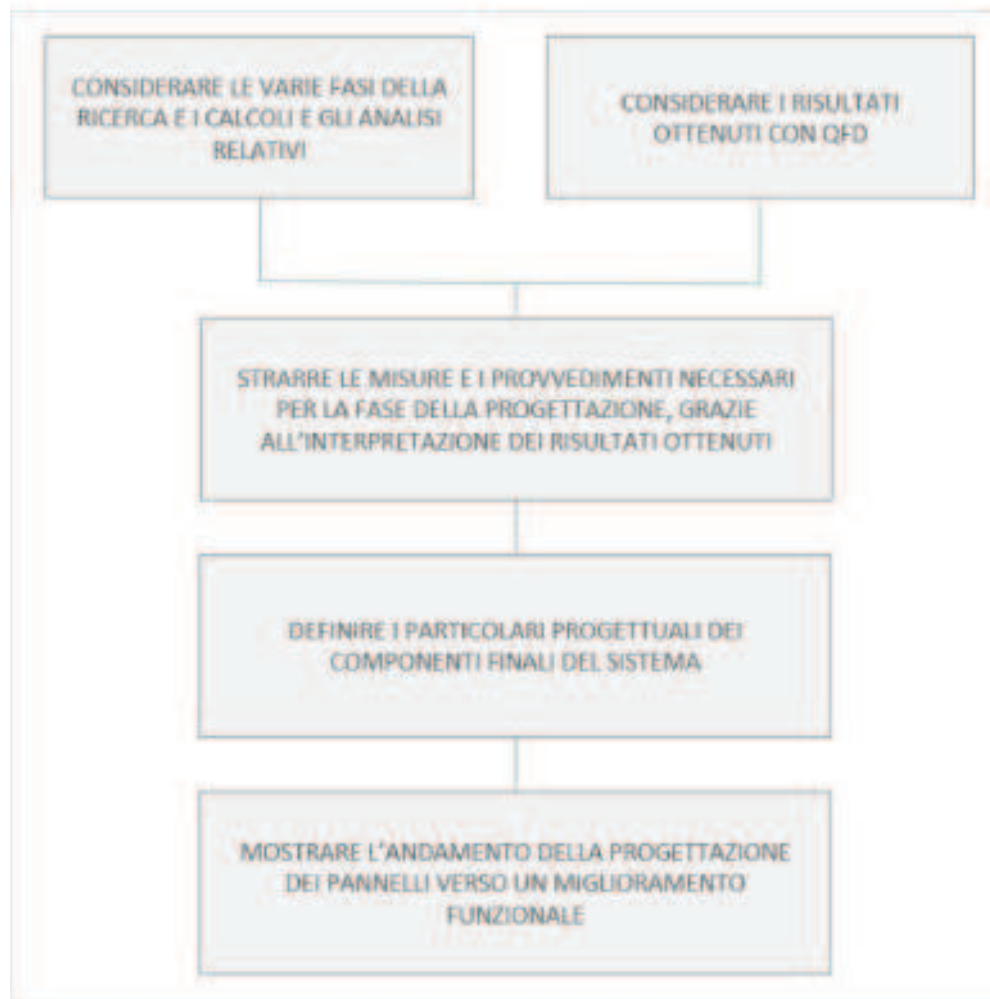
## **7** IPOTESI DEL PROGETTO E LA VERIFICA RISPONDENZA AI REQUISITI PRESTAZIONALI E GLI OBIETTIVI

## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

---

Immagine: la dimostrazione grafica dello stato di avanzamento della definizione della forma finale dei serbatoi del sistema. (pag.202 del presente documento)

## LAYOUT DEL CAPITOLO



### 7.1 UN RIASSUNTO DELLE FASI DI PRE-PROGETTAZIONE

In questo capitolo vengono presentati i vari stadi di progettazione dei componenti finali della parete drenante ideata da questo progetto di ricerca.

Ricapitolando i passi compiuti finora, possiamo mostrare l'avanzamento della ricerca in questo modo:



## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

Fig.01  
Un riassunto  
dell'avanzamento della  
ricerca e i passi  
compiuti fino alla fase  
della progettazione  
finale



## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

### 7.2 L'INFLUENZA DEL QFD SULLA FASE DI PROGETTAZIONE

Come si vede nella fig.01, le fasi preliminari della progettazione dei componenti del nostro sistema sono state compiute tramite il metodo QFD nel 6° capitolo. Il frutto di quel capitolo si definisce nell'identificazione dei bisogni progettuali degli utenti e delle caratteristiche di questi componenti. La fig.02 riporta questi risultati su una graduatoria in ordine d'importanza, basata sul peso assoluto calcolato con il QFD<sup>1</sup>:

CODICE RELATIVO AL BISOGNO	PESO ASSOLUTO DEL BISOGNO	CODICE RELATIVO AL BISOGNO	PESO ASSOLUTO DEL BISOGNO	CODICE RELATIVO ALLA CARATTERISTICA	PESO ASSOLUTO DELLA CARATTERISTICA	CODICE RELATIVO ALLA CARATTERISTICA	PESO ASSOLUTO DELLA CARATTERISTICA
C3	38	V1	8	C12	1056	C22	53
F1	36	M2	8	C14	1002	C16	22
C1	36	A5	6	C5	887		
P3	36	T2	6	C19	850		
C4	30	P4	6	C6	833		
S3	18	P6	6	C18	720		
P5	11	V5	6	C2	705		
S1	11	P1	5	C1	659		
S2	9	A3	4	C11	656		
M1	9	A4	4	C8	525		
V6	9	A7	4	C3	486		
V2	9	T1	4	C4	485		
A6	9	T3	4	C20	421		
A2	9	V3	4	C21	421		
U1	8	V4	4	C13	257		
U2	8	V7	4	C9	246		
A1	8	P7	4	C7	234		
P2	8	P10	4	C17	193		
P8	8	C2	3	C15	101		
P9	8			C10	119		

Fig.02  
La graduatoria dei bisogni degli utenti e le caratteristiche del prodotto finale in corrispondenza ai valori di loro peso assoluto

<sup>1</sup> Vedi i paragrafi 6.4 e 6.7 del presente lavoro, p. 158 e p. 173

## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

---

Questi bisogni sono i pilastri su cui abbiamo fondato il processo di formazione dei componenti del nostro sistema. Allo stesso tempo, per una progettazione più efficace, il peso assoluto delle caratteristiche studiate per soddisfare tali bisogni, ha chiarito meglio su quali punti focalizzarci.

Mentre il 75% dei bisogni hanno più o meno lo stesso livello d'importanza (con peso assoluto tra 1 e 10), ci sono 3 bisogni (S1, S3 e P5) leggermente più importanti (tra 11 e 20) e 5 bisogni (C1, C3, C4, P3 e F1) con il massimo livello d'importanza (oltre 20). Questi risultati dimostrano che, anche se tutti i bisogni con peso assoluto inferiore a 20 sono stati coinvolti nella fase di progettazione, i 3 bisogni più importanti rimangono sempre:

- La capacità di poter alleggerire il deflusso dell'acqua meteorica verso la rete di drenaggio, senza creare dei problemi funzionali alla rete principale,
- La capacità di poter comprendere normalmente il ruolo di un sistema di facciata ventilata,
- Non gravare sul funzionamento della rete fognaria principale.

In questa fase ognuno di questi bisogni sarà interpretato dal punto di vista progettuale e condurrà verso la forma definitiva in questo modo:<sup>2</sup>

- I componenti finali del nostro sistema devono creare il massimo volume possibile per poter stoccare una parte considerevole del deflusso per avere una ricaduta positiva sul processo di drenaggio,
- Il sistema progettato deve avere tutte le caratteristiche necessarie per essere una facciata ventilata funzionante,
- La parete drenante progettata da noi deve funzionare indipendentemente dalla rete di drenaggio principale della zona.

Ma prima di entrare nella fase della definizione di Layout del sistema e per illustrare meglio il suo funzionamento, ricapitoliamo l'obiettivo del sistema tramite la Fig. 03:

---

<sup>2</sup>NB: Oltre ai bisogni degli utenti che avranno a che fare con il nostro sistema, si deve anche considerare i problemi individuati e dimostrati nel 3° capitolo paragrafo 3.5.



## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

### IL CONCETTO DEL PROGETTO: ALLEGGERIRE IL DEFLUSSO DELL'ACQUA METEORICA DESTINATO ALLA RETE DI DRENAGGIO URBANO

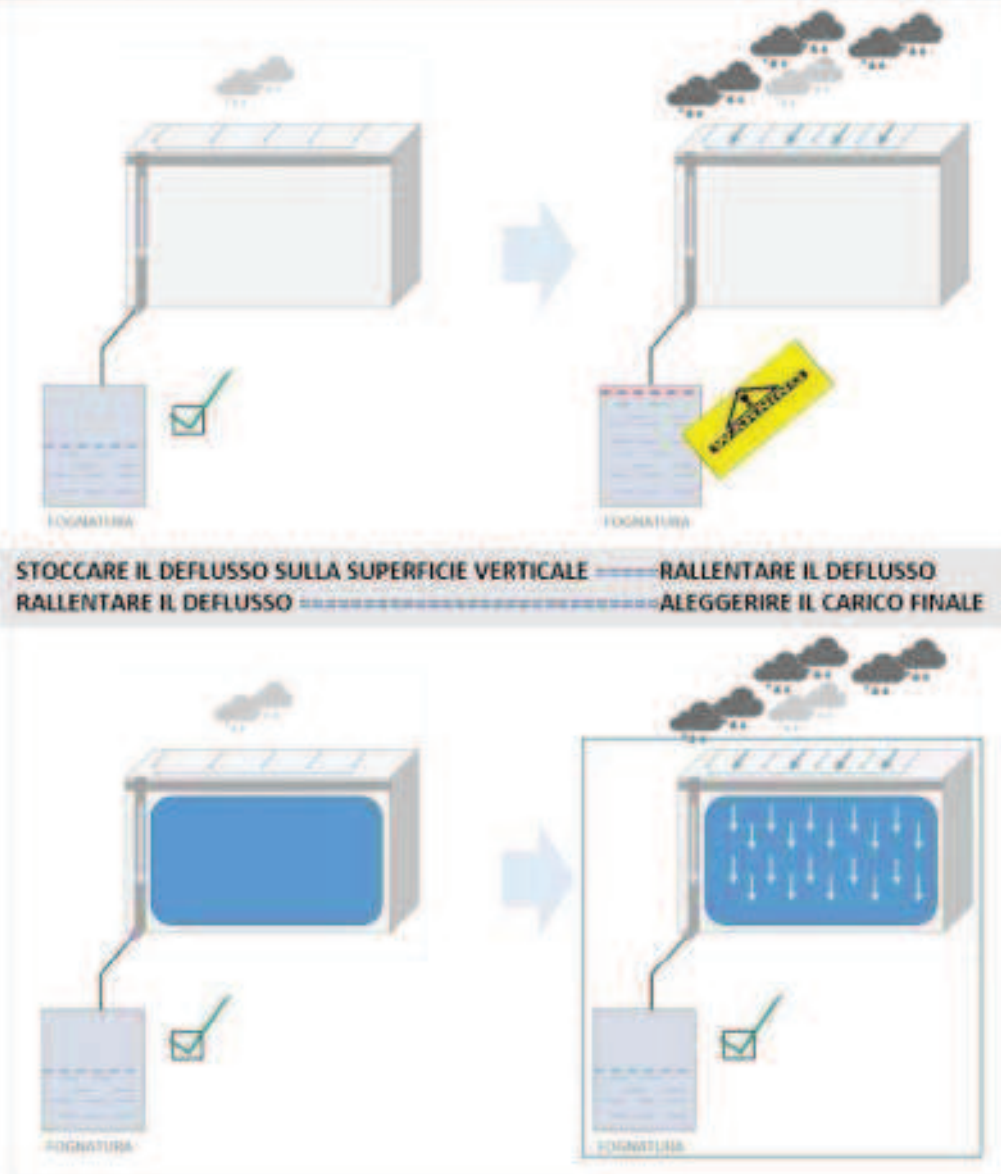


Fig.03  
I diagrammi  
illustrativi degli  
obiettivi principali  
della ricerca.

### 7.3 I PROVVEDIMENTI NECESSARI PER UNA PROGETTAZIONE FUNZIONALE

Una volta messe insieme tutte le considerazioni elencate, possiamo procedere con la definizione della forma finale dei componenti del sistema. La fase di progettazione è stata divisa in tre categorie principali:

- La struttura portante che si estende sulla parete esterna dell'edificio,
- Il sistema d'ancoraggio per sostenere i componenti finali della facciata,
- I componenti finali della facciata che hanno il compito di fornire il volume necessario per lo stoccaggio.

Le prime due categorie, essendo rimaste invariate dalle modifiche che hanno subito i componenti finali, saranno discusse direttamente nel prossimo capitolo, dove si presenta il progetto definitivo. Mentre in questo capitolo dimostriamo i

## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

---

vari stati di avanzamento dei componenti finali, mano a mano che sono stati sviluppate le analisi riguardanti il design industriale e i calcoli idraulici. I fattori sottocitati, presentano le considerazioni principali su cui si è basata la progettazione dei componenti finali della nostra facciata:

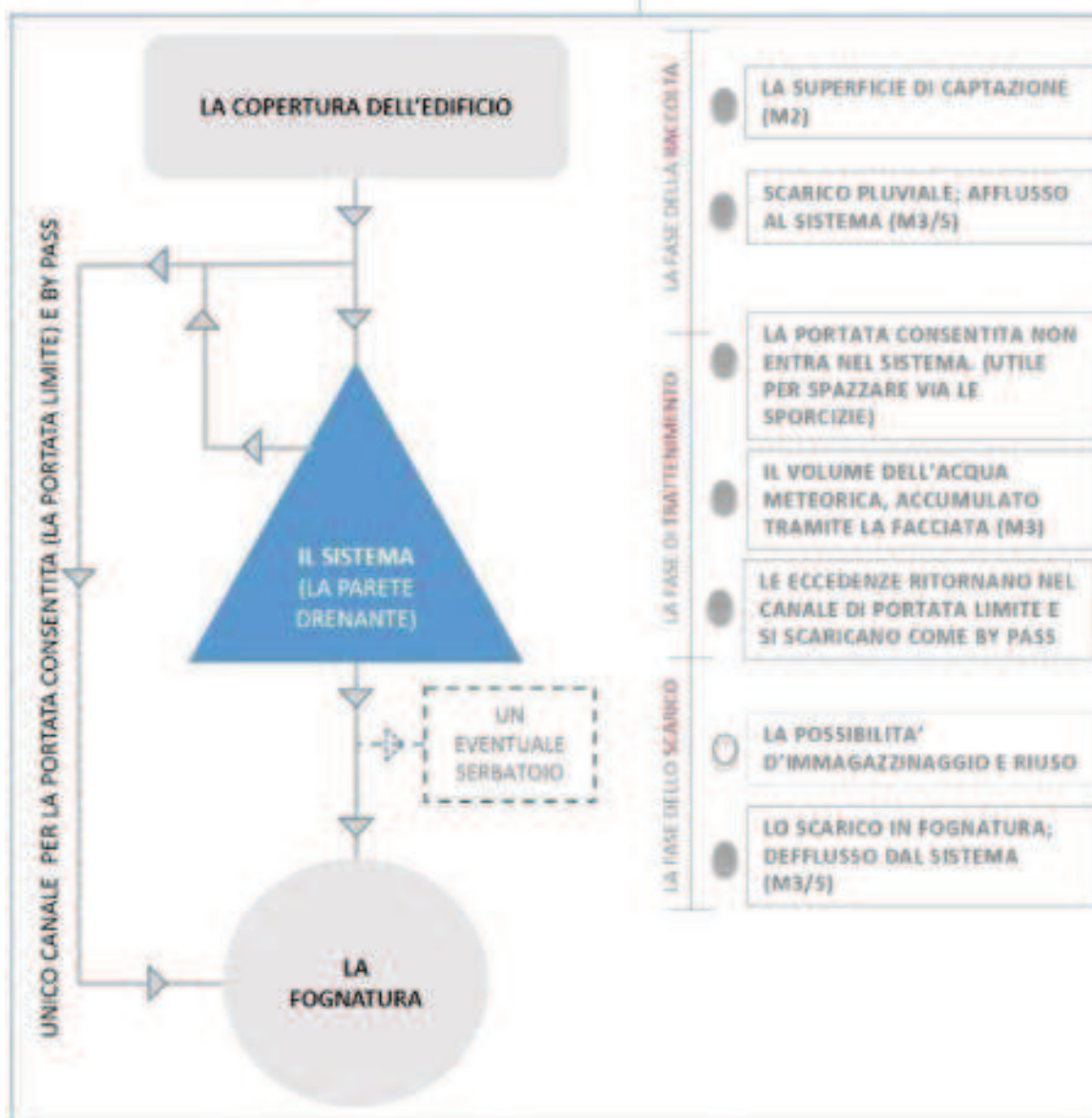
- La pressione
- L'ingorgo
- La puzza
- Il ghiaccio
- Gli insetti
- I giunti
- La polvere
- Il fango nero
- Il peso
- Il residuo d'acqua
- La rottura
- La stabilità

Questi fattori hanno un'influenza diretta sullo stato di funzionamento dei componenti del sistema in tutte le tre fasi del processo, cioè, le fasi di raccolta, di riempimento e lo scarico. Queste tre fasi sono evidenziate nel layout del sistema riportato nella Fig.04:

7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi



Fig.D4  
Layout generale del sistema del progetto ed andamento del processo in tutte le tre fasi (seguito dalla Fig.03)



Per un funzionamento più efficace in ognuna di queste tre fasi, sono state studiate delle misure:



## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

Fig.05  
Le misure previste relative ad un buon funzionamento del sistema nelle tre fasi del processo



### 7.4 LE MODALITA' D'INTERPRETAZIONE DEI PARTICOLARI DELLA FORMA FINALE

Per arrivare alla forma definitiva, che verrà presentata nel prossimo capitolo, i nostri componenti finali sono stati modificati e riprogettati per 5 volte. Queste modifiche hanno seguito un andamento progressivo verso un livello accettabile, che soddisfi le seguenti quattro esigenze progettuali:

- Semplicità di produzione
- Facilità d'installazione
- Efficienza funzionale
- Accessibilità di manutenzione

Ma per raggiungere questi obiettivi dovevamo estrarre i particolari della forma dai risultati delle analisi dei bisogni e le caratteristiche del prodotto, ottenuti con il QFD nel 6° capitolo.

Dalle 22 caratteristiche presentate nel 6° capitolo, 15 sono relative ai pannelli o ai componenti finali della nostra facciata drenante. Queste ultime possono essere ordinate in base al loro peso assoluto calcolato con il metodo QFD:

## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

CODICE RELATIVO ALLA CARATTERISTICA	PESO ASSOLUTO DELLA CARATTERISTICA	LA CARATTERISTICA
<b>C12</b>	1000	LA DIMENSIONE DEL COMPONENTE FINALE
<b>C14</b>	1000	IL VOLUME
<b>C19</b>	850	LO SPAZIO TRA I PANNELLI
<b>C18</b>	720	LA PROFONDITA'
<b>C11</b>	650	IL PESO DEL COMPONENTE FINALE
<b>C8</b>	525	LA DUREZZA DEL MATERIALE
<b>C20</b>	421	IL DIAMETRO DELL'ENTRATA
<b>C21</b>	421	IL DIAMETRO DELL'USCITA
<b>C13</b>	257	LO SPESSORE DELLA PELLE DEL COMPONENTE FINALE
<b>C9</b>	240	LA ELASTICITA' DEL MATERIALE
<b>C17</b>	191	IL NUMERO DEI SPIGOLI
<b>C15</b>	191	IL NUMERO DEI STRATI DELLA PELLE
<b>C10</b>	110	IL COLORE DEL COMPONENTE FINALE
<b>C22</b>	59	IL NUMERO DELLE APERTURE PER LA CIRCOLAZIONE D'ARIA
<b>C16</b>	22	LA DISTANZA TRA GLI STRATI DELLA PELLE

Fig.06  
Le caratteristiche relative ai componenti finali del nostro sistema della facciata, in ordine d'importanza (basate su loro peso assoluto calcolato con QFD)

Come si vede nella Fig.06, le caratteristiche che hanno avuto il peso più alto (le prime 5), sono legate alla capacità di stoccaggio e alla gestione del deflusso trattenuto nel sistema. Le caratteristiche relative al lato estetico invece, hanno avuto un peso minore.<sup>3</sup>

Soddisfare gli 8 bisogni che hanno avuto il peso più alto<sup>4</sup>, che possiamo definire i più desiderati dagli utenti, in relazione alle caratteristiche del prodotto appena dimostrate, ci permetterà di estrarre i particolari della forma dei pannelli del nostro sistema. Inoltre bisogna considerare anche i fattori precedentemente

<sup>3</sup>il numero dei spigoli da un lato è legato alla forma estetica ma dall'altro, favorisce uno scarico massimale dell'acqua per evitare un eventuale spaccamento dei pannelli a causa del congelamento dell'acqua residua nei mesi invernali.

<sup>4</sup>Vedi: il paragrafo 7.2 del presente lavoro, p. 181



## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

presentati <sup>5</sup> che definiscono gli eventuali problemi da affrontare per un buon funzionamento degli stessi pannelli.

Le tabelle sottocitate, considerando soltanto questi 8 bisogni, dimostrano le interpretazioni risultanti dagli elementi sopracitati che servono a definire la forma di questi pannelli:

Fig.07  
Le tabelle dell'interpretazioni risultanti dai bisogni più importanti dal punto di vista di loro peso-assoluto

**BISOGNO:** C1, F1, S1, C3, C4

**CARATTERISTICHE:** C12, C14, C18, C20, C21, C9

**FATTORI PROBLEMATICI:** PRESSIONE, INGORGIO

**CONSIDERAZIONI:**

- Il pannello deve avere grandi dimensioni per creare il maggior volume possibile,
- All'interno deve avere un spazio per scaricare il troppo pieno per limitare la pressione,
- Uscita dello scarico di ogni pannello deve essere posizionata in modo da evitare che non si riempia totalmente per evitare un eventuale rottura a causa della pressione,
- Il diametro delle entrate e delle uscite devono essere calcolati per avere la giusta misura che, oltre ad evitare l'intasamento, rallenterà il più possibile il deflusso,
- Lo scarico finale nella rete di drenaggio della zona deve essere controllato, in modo da non interferire negativamente sul processo dello smaltimento in corso dalla rete principale,
- È preferibile condurre lo scarico finale verso un eventuale riciclaggio per l'edificio stesso (non rientra tra obiettivi di questo progetto)
- I pannelli della facciata devono essere collegati tra di loro in modo che il pannello inferiore si riempia con le eccedenze del pannello superiore,
- Per evitare le pressioni causati dal volume trattenuto dell'acqua sulla facciata, l'ordine di riempimento dei pannelli deve essere dall'alto verso il basso dell'edificio.

**BISOGNO:** P3, P5, S3

**CARATTERISTICHE:** C10, C11, C19, C17

**FATTORI PROBLEMATICI:** PESO, GIUNTI

**CONSIDERAZIONI:**

- Tutti gli elementi in vista che riguardano l'estetica della nostra facciata, come colore, forma geometrica, carattere di tessitura e le soluzioni per coprire le distanze tra i pannelli, devono seguire un panorama contemporanea ed accettabile dal punto di vista dell'attuale mercato del settore delle facciate ventilate ,
- Le modalità di fissaggio dei pannelli alla sottostruttura del sistema, devono poter sopportare sia il peso che l'oscillazione causate dal volume trattenuto dell'acqua sulla facciata,
- Per rallentare il processo di riempimento all'interno di ogni singolo pannello, bisogna creare un apposito spazio per condurre le eccedenze verso il pannello inferiore,
- Per uno scarico massimale e veloce, bisogna sfruttare la forza di gravità nella forma geometrica dei pannelli.

<sup>5</sup>Vedi: il paragrafo 3.5 del presente lavoro, p. 53



## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

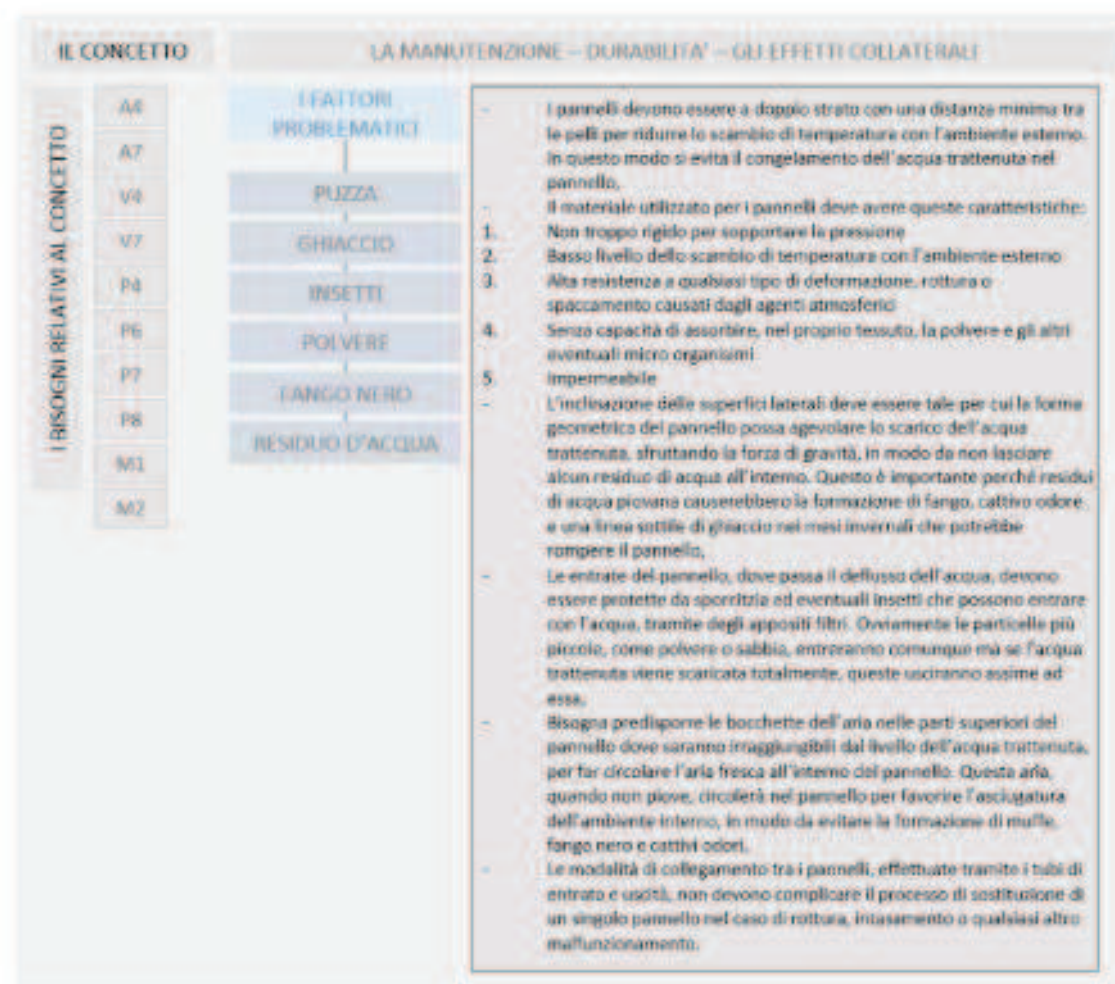
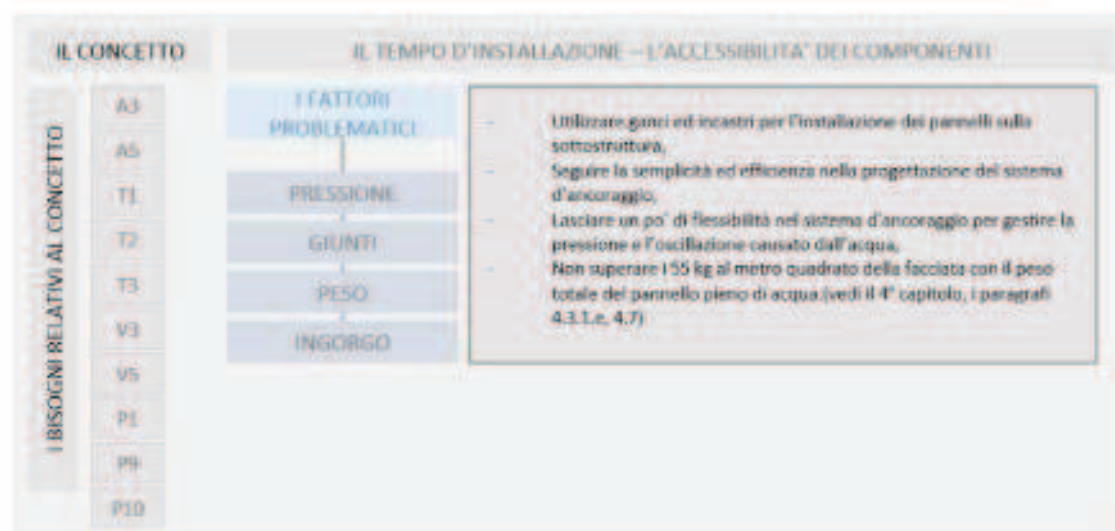
TRASFORMARE LE INTERPRETAZIONI DEI BISOGNI CON IL PESO MAGGIORE NELLE SOLUZIONI PROGETTUALI (riferiti alle tabelle 06 e 07)										
CODICE DI BISOGNO		C1	F1	C3	P3	C4	S3	P5	S1	
VALORE DI PESO		38	38	38	38	30	18	11	11	
Noti risultanti dalle tabelle sopraccitate:	Le strategie scelte e gli interventi necessari per soddisfare i bisogni					Le caratteristiche relative				
Gestire il troppo pieno e Alleggerire la pressione interna	Interrompere l'entrata dell'acqua Condurre l'acqua verso un'altra destinazione Far uscire eccedenze dall'interno del serbatoio					C12	C14	C18	C20	C21
Grandezza del volume del serbatoio	È relativo ai limiti stabiliti per il peso al metro quadrato della superficie di facciata					C11	C12	C14	C18	C1
Rallentare il deflusso dell'acqua meteorica per un tempo più lungo possibile	Riempire i serbatoi posizionati in più basso con le eccedenze dei serbatoi superiori					C12	C14	C19	C17	C20
Riempire i serbatoi in modo graduale	Elemento distributore dell'acqua nei pannelli					C20	C21			
Riempimento dall'alto verso basso (tra i serbatoi)	Sfruttare andamento naturale di deflusso da alto verso il basso					C17	C20	C21		
Le caratteristiche estetiche dal punto di vista architettonico	Forma	colore	Effetto visivo del materiale		C12	C19	C17	☒	☒	
Fissaggio sicuro (installazione)	Gestire contemporaneamente sia il peso che oscillazioni del serbatoio					C11	C19	C14	C18	C9
Fissaggio semplice e veloce (installazione/manutenzione)	Ridurre i tempi e numero di componenti d'ancoraggio					C11	C12	C14	C18	C19
Scarico veloce e senza vuoti	Compatibilità tra andamento di deflusso e il ciclo di rallentamento					C12	C14	C18	C19	C20
PERCENTUALE DI CORRELAZIONE CON LE ALTRE CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO (riferito alla tabella dimostrata nella tabella 10, paragrafo 6.5 Capitolo 6)										
	Supra di 70%									
	Tra 50 e 70%									
	Sotto di 50%									

Fig.08  
La trasformazione dell'interpretazioni risultanti dai 8 bisogni più importanti nelle soluzioni progettuali

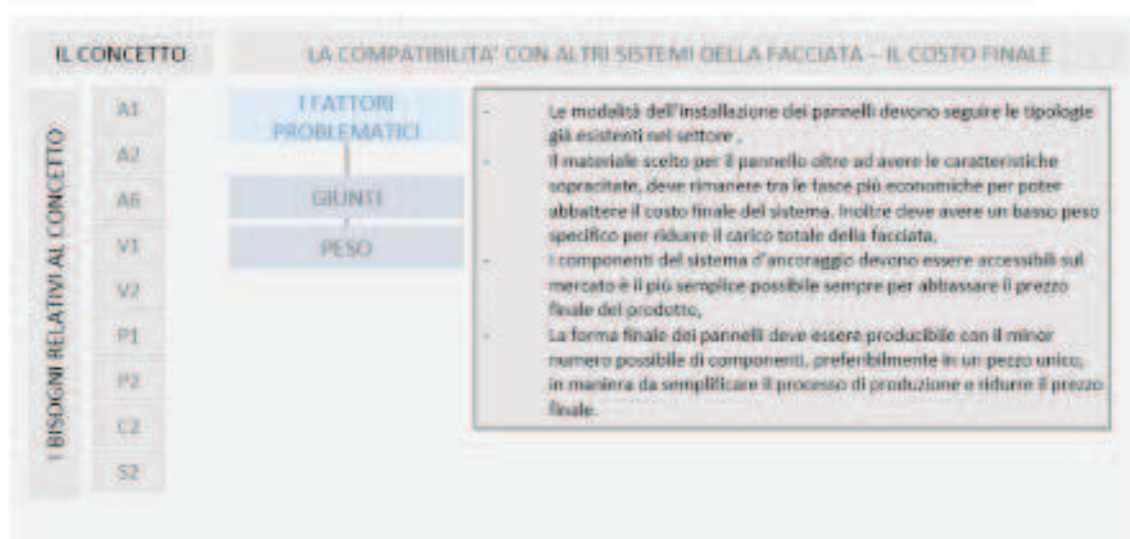
Le schede sopraccitate, hanno dimostrato le interpretazioni progettuali legate agli 8 bisogni più desiderati, in base al loro peso assoluto calcolato, mentre le schede successive definiranno le caratteristiche dei pannelli considerando altri bisogni con il peso inferiore:

## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

Fig.09 (3 tabelle)  
Strane delle caratteristiche definitive dei serbatoi finali del sistema, considerando i risultati ottenuti dagli analisi e dal QFD



## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi





## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

TRASFORMARE LE INTERPRETAZIONI DEI ALTRI BISOGNI NELLE SOLUZIONI PROGETTUALI  
(riferiti alle tabelle dimostrate nelle Figure 08, 09 e 10)

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	C2	P10
P1	P2	P4	P6	P7	P8	P9	S2	M1
V1	V2	V3	V4	V5	T1	T2	T3	M2
V6	V7							

Noti risultanti dalle tabelle sopraccitate	Le strategie scelte e gli interventi necessari per soddisfare i bisogni	Le caratteristiche relative
Non superare i valori del peso aggiuntivo sulla facciata causati da altri sistemi della facciata ventilata.	Considerare il Peso serbatoio + l'acqua che contiene (nel caso di non avere i serbatoi in vista, si aggiunge anche il peso di componente finale)	C11, C12, C14, C18 C1, C2, C3, C4, C5
Flessibilità dell'ancoraggio (tra serbatoio e componente ancoraggio)	Evitare il fissaggio rigido (come la saldatura)	C4, C5, C6, C9
Abbassare il prezzo finale (sia per i serbatoi che il sistema d'ancoraggio ed eventuale componente finale)	Numero di componenti Modalità di montaggio Tecnica per produrre serbatoi Tipo di Materiale	C12, C14, C1, C2, C3 C5, C6
Compatibilità con modalità d'ancoraggio e sottostruttura di sistemi esistenti di facciata ventilata	Rispettare alla modalità più utilizzata sul mercato	C12, C19, C5, C6, C7
Sostituzione facile	Facilitare la modalità d'installazione e disinstallazione dei serbatoi ed eventuali componenti finali	C12, C14, C19, C5, C6 C7
Evitare le sporcizie ad accumularsi nei serbatoi	Lo scarico completo senza residui Filtrare l'acqua in entrata in prima linea (sotto la grondaia) Evitare entrata di prima pioggia (la parte che contiene sporcizie)	C17, C20, C21
A agevolare e velocizzare lo scarico	Compatibilità tra andamento di deflusso e il ciclo di rallentamento	C19, C20, C21
Considerare gli agenti atmosferici, eventuali casi di rottura e assorbimento di polvere e microorganismi	Scegliere il materiale adeguato Nascondere i serbatoi dietro di componente finale	C8, C15, C17
Evitare il congelamento dell'acqua all'interno di serbatoio	Abbassare lo Scambio di calore Non rimanere residui d'acqua nei serbatoi dopo dello scarico	C15, C17, C20, C21

Fig.10  
La trasformazione delle interpretazioni, risultanti da altri bisogni, nelle soluzioni progettuali

## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

INDIVIDUAZIONE DELLE STRATEGIE COMUNI TRA LE SOLUZIONI PROPOSTI PER I BISOGNI (con obiettivo di razionalizzare le strategie scelte e risalire alle soluzioni che comprendano i bisogni correlati)										
Nota risultante dalle tabelle sopraccitate	Le strategie scelte o gli interventi necessari per soddisfare i bisogni	Le caratteristiche relative								
Controllare il troppo pieno e Abbassare la pressione interna	Interruzione l'entrata dell'acqua Ombreggiare l'acqua verso un altro appartamento Per evitare il rigurgito dall'interno del sanitario	C12	C14	C18	C16	C21				
Qualità del volume del versamento	Evitare le forti turbolenze per il peso al momento di uscire dalla superficie di lacerazione	C11	C12	C14	C18	C1				
Regolazione del deflusso dell'acqua necessaria per un terreno più fungibile	Regolare i carichi idraulici per evitare le eccessive perdite di carico nei tubi	C12	C18	C19	C17	C20				
Minimizzare i perdenti di carico (perdite)	Evitare il ristagno dell'acqua nei giardini	C20	C21							
Integrità dell'alto verso basso (tra i sanitari)	Strutturare un impianto naturale di deflusso da alto verso il basso	C17	C20	C21						
Le caratteristiche tecniche dal punto di vista acustico	Forma	Colore	Effetto visivo del materiale	C12	C19	C17				
Proteggere il vaso (profilattico)	Evitare contemporaneamente sia il peso che il ristagno del sanitario	C13	C19	C14	C18	C9				
Ridurre il peso e ridurre il numero di componenti d'arredo bagno	Ridurre i tempi e il numero di componenti d'arredo bagno	C1	C2	C3	C4	C5				
Ridurre il peso e ridurre il numero di componenti d'arredo bagno	Ridurre i tempi e il numero di componenti d'arredo bagno	C13	C12	C14	C18	C10				
Scelta ridotta e senza pezzi	Compatibilità tra andamento di deflusso e il ciclo di riferimento	C6	C7	C4	C5					
Non esagerare i valori del peso aggiuntivi sulla facciata causati da altri sistemi della facciata verticale	Evitare il peso sanitario e l'acqua che contiene (nel caso di non avere il sanitario a vista, si appoggia anche il peso di componente finale)	C11	C12	C14	C18	C1	C2	C3	C4	C5
Facilità del montaggio tra sanitario e componente d'arredo bagno	Evitare il troppo ripido (come la soluzione)	C4	C5	C6	C6					
Abbassare il peso finale (sia per i sanitari che il sistema di sostegno ed eventuale componente finale)	Numero di componenti Modaltà di montaggio	Forma per appiattare sanitari	Tipi di Materiale	C12	C14	C1	C2	C3	C5	C6
Compatibilità con modalità di montaggio e sostituzione di sistemi esistenti di facciata verticale	Adattare alla modalità più utilizzata sul mercato	C12	C18	C5	C6	C7				
Sostituzione facile	Facilitare la modalità d'installazione e demontaggio del sanitario ed eventuali componenti finali	C12	C14	C19	C5	C6	C7			
Evitare le perdite ad accumularsi nei sanitari	Lo scatto completo senza risalita Evitare l'acqua in entrata in prima linea (entro la griglia) Evitare entrata di prima pioggia (la parte che contiene sporcizia)	C17	C20	C21						
Aggiungere e ridurre il carico	Compatibilità tra andamento di deflusso e il ciclo di riferimento	C18	C20	C21						
Considere gli agenti atmosferici, eventuali casi di rottura e assorbimento di polvere e microorganismi	Scegliere il materiale adeguato Ridurre il carico netto di componenti finali	C8	C15	C17						
Evitare il congelamento dell'acqua all'interno di sanitari	Adattare lo scambio di calore Non rimanere residui d'acqua nei sanitari dopo lo scarico	C15	C17	C20	C21					

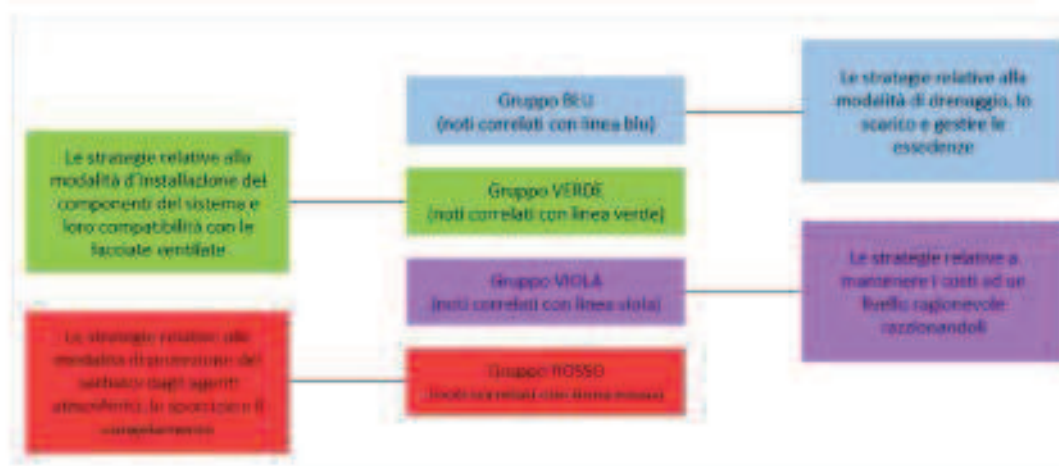
Fig.11

Raggruppare delle strategie comuni tra le soluzioni proposte per soddisfare i bisogni degli utenti (la somma delle due tabelle illustrate nelle figure 08 e 10)



## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi




Fig.12  
La rappresentazione dei settori relativi ai gruppi formati dalla comunanza delle soluzioni illustrate nella Fig.11



Nel passo successivo si devono valutare tutte le soluzioni e le strategie proposte nelle figure precedenti in maniera progettuale. In altre parole, tramite le seguenti tabelle, per ogni strategia proposta per soddisfare i bisogni degli utenti vengono valutate le eventuali soluzioni. In questo modo le soluzioni che sono idonee ma vanno contro gli altri bisogni, verranno eliminate.

Alla fine di questa valutazione avremo i diagrammi in cui possiamo avere le soluzioni approvate e che vengono presentate con un linguaggio progettuale:

La Simbologia relativa alle seguenti tabelle (la valutazione finale delle soluzioni proposte e categorizzate in quattro gruppi sopracitati)

-  Soluzione da considerare
-  Soluzione da escludere
-  Quando la soluzione proposta per soddisfare un bisogno specifico va contro con altri bisogni (nel quadretto viene scritto il codice di eventuale bisogno che ci andrebbe contro)



## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

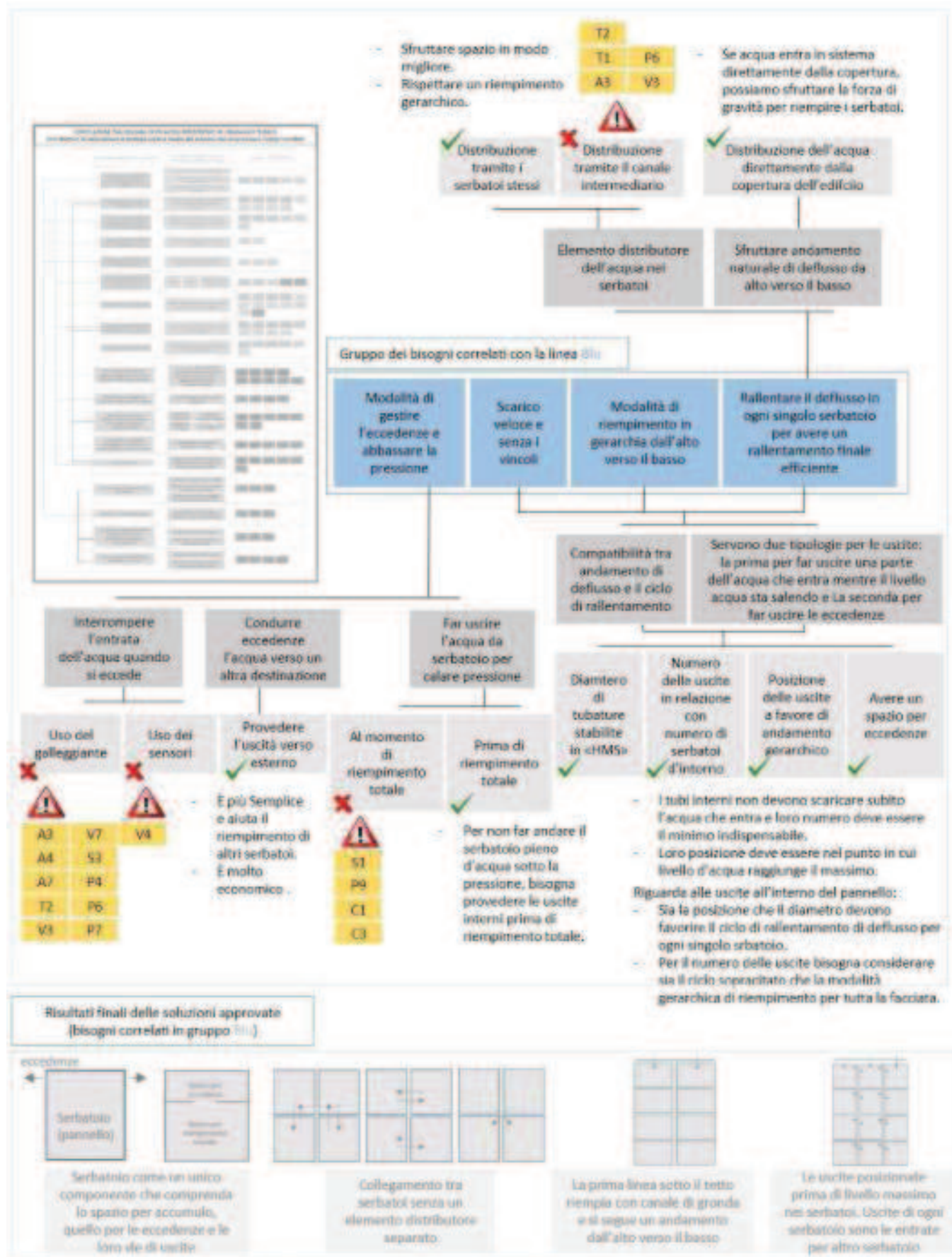


Fig.13

La valutazione finale dell'interpretazione dei bisogni correlati e raggruppati nel gruppo BLU

## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

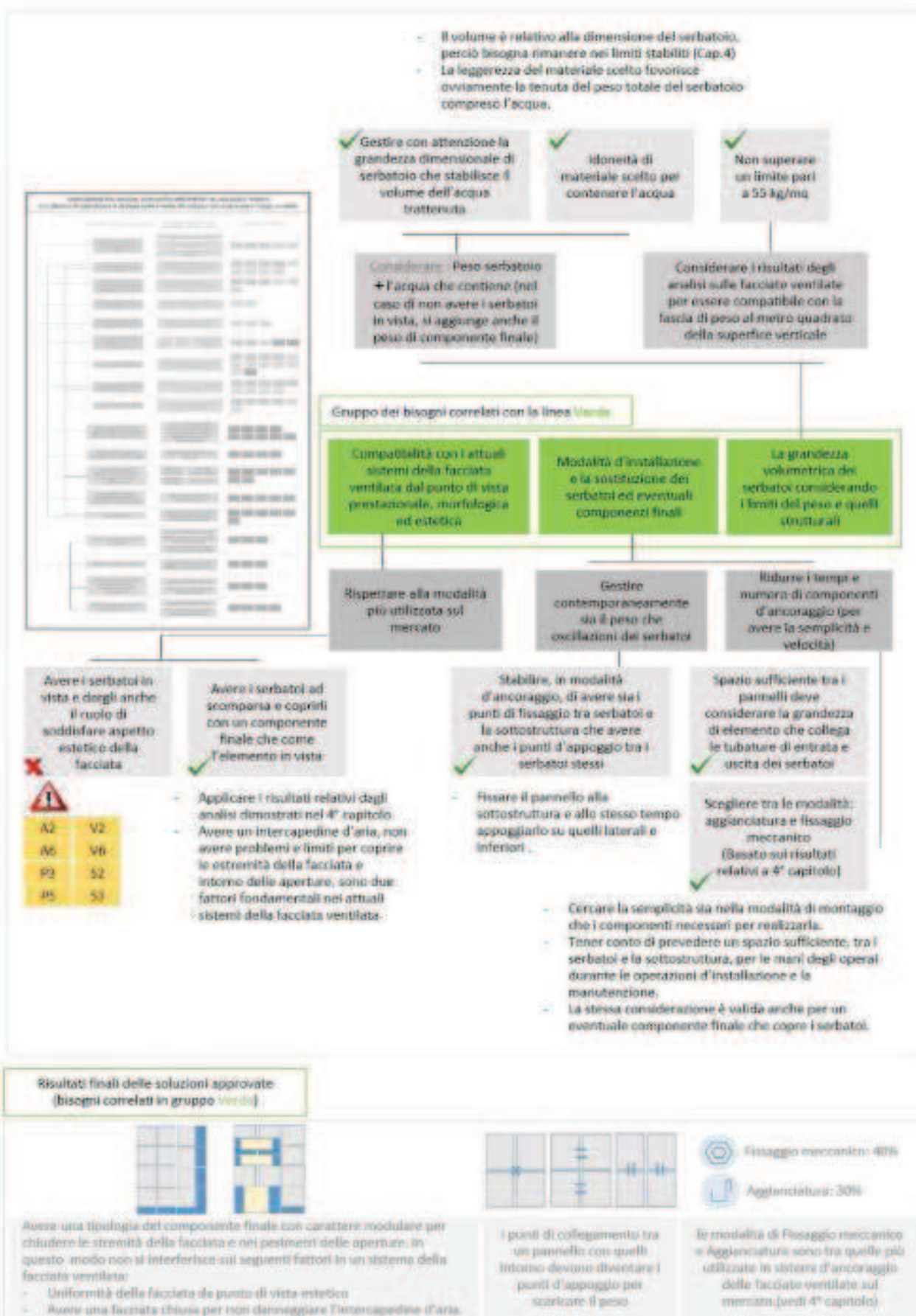


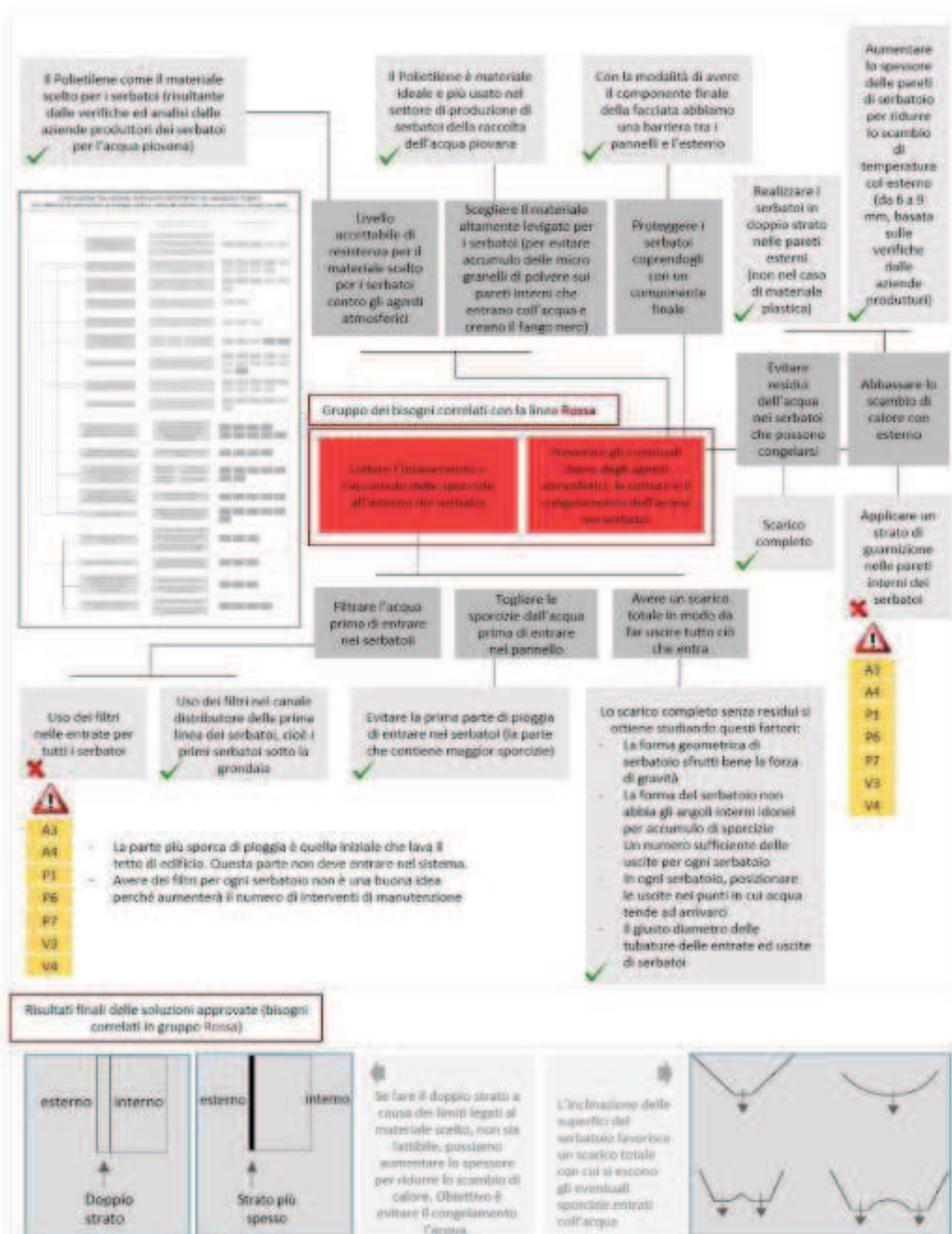
Fig.14  
La valutazione finale dell'interpretazione dei bisogni correlati e raggruppati nel gruppo VERDE







## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi



ora possiamo valutare, considerando i risultati avuti nelle precedenti tabelle, tutte le forme che potrebbero andar bene per i nostri serbatoi del sistema dal punto di vista geometrica. Queste forme vengono valutate con i parametri risultati dai bisogni principali e valutati con QFD nel 6° capitolo:

Fig.16  
La valutazione finale dell'interpretazione dei bisogni correlati e raggruppati nel gruppo ROSSO





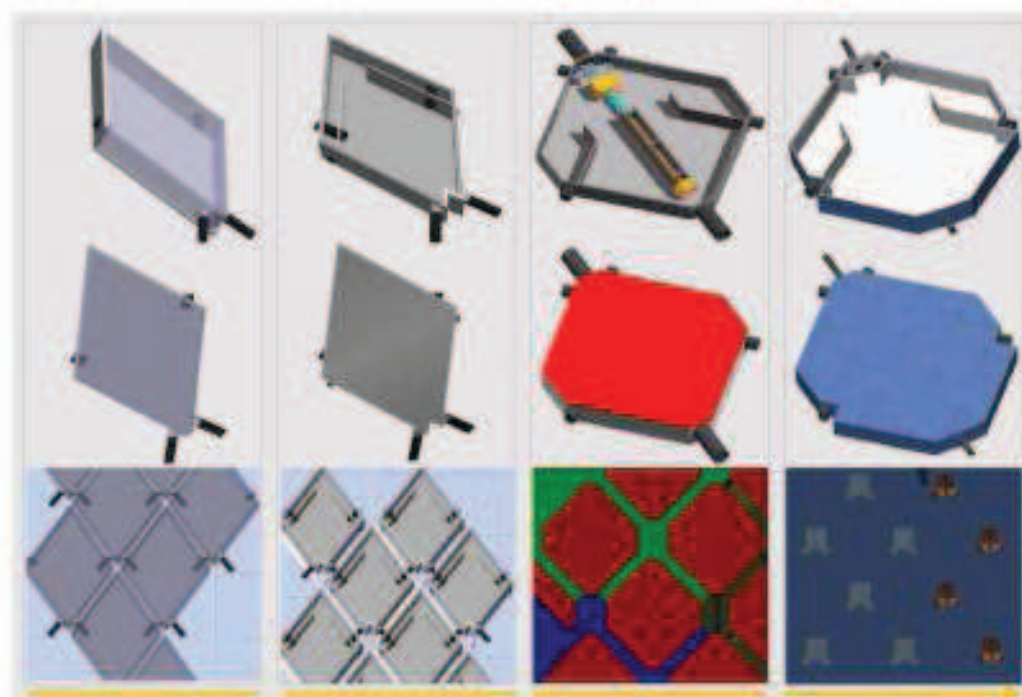
## 7.5 L'ANDAMENTO TIPOLOGICO VERSO LA DEFINIZIONE DELLA FORMA FINALE DEI PANNELLI/SERBATOI

Durante questo progetto di ricerca, prima dell'applicazione del metodo QFD, la forma dei componenti finali del sistema della facciata, ovvero i serbatoi, ha subito dei cambiamenti per arrivare alla miglior conclusione. Alcuni dei parametri necessari, discussi nel paragrafo 7-4, sono stati stabiliti dall'inizio della progettazione. Gli altri sono stati determinati mano a mano che sono sorte nuove necessità e problemi progettuali.

Questo processo di miglioramento e in assenza dei parametri risultanti dal QFD, ci ha costretti a modificare i pannelli per quattro volte, partendo dai principali di base fino arrivare ad una forma che comprenda la maggior parte dei fattori necessari per la funzionalità del sistema. Ma con l'applicazione del metodo QFD e cominciando a seguire tutte le fasi della progettazione, rispettando i parametri del metodo, abbiamo avuto la forma migliore capace di soddisfare i bisogni più importanti degli utenti che in un modo o nell'altro hanno a che fare con il sistema risultante da questo progetto. In questo capitolo vengono dimostrati i primi 4 livelli della progettazione dei serbatoi di questo sistema ancora prima dell'applicazione del QFD. Per la dimostrazione del livello di efficienza dei parametri risultanti da questo metodo, l'andamento seguito e le forme ottenute vengono valutate con gli stessi parametri risultanti dal QFD. La dimostrazione viene effettuata tramite le fig. 20-26 accompagnate con una scheda di valutazione:

**NB:** La forma finale però, ottenuta dal metodo applicato<sup>5</sup>, verrà dimostrata insieme alla sottostruttura ed al sistema d'ancoraggio nel prossimo capitolo.

Fig.38  
L'andamento tipologico  
delle forme predefinitivi  
dei serbatoi del sistema



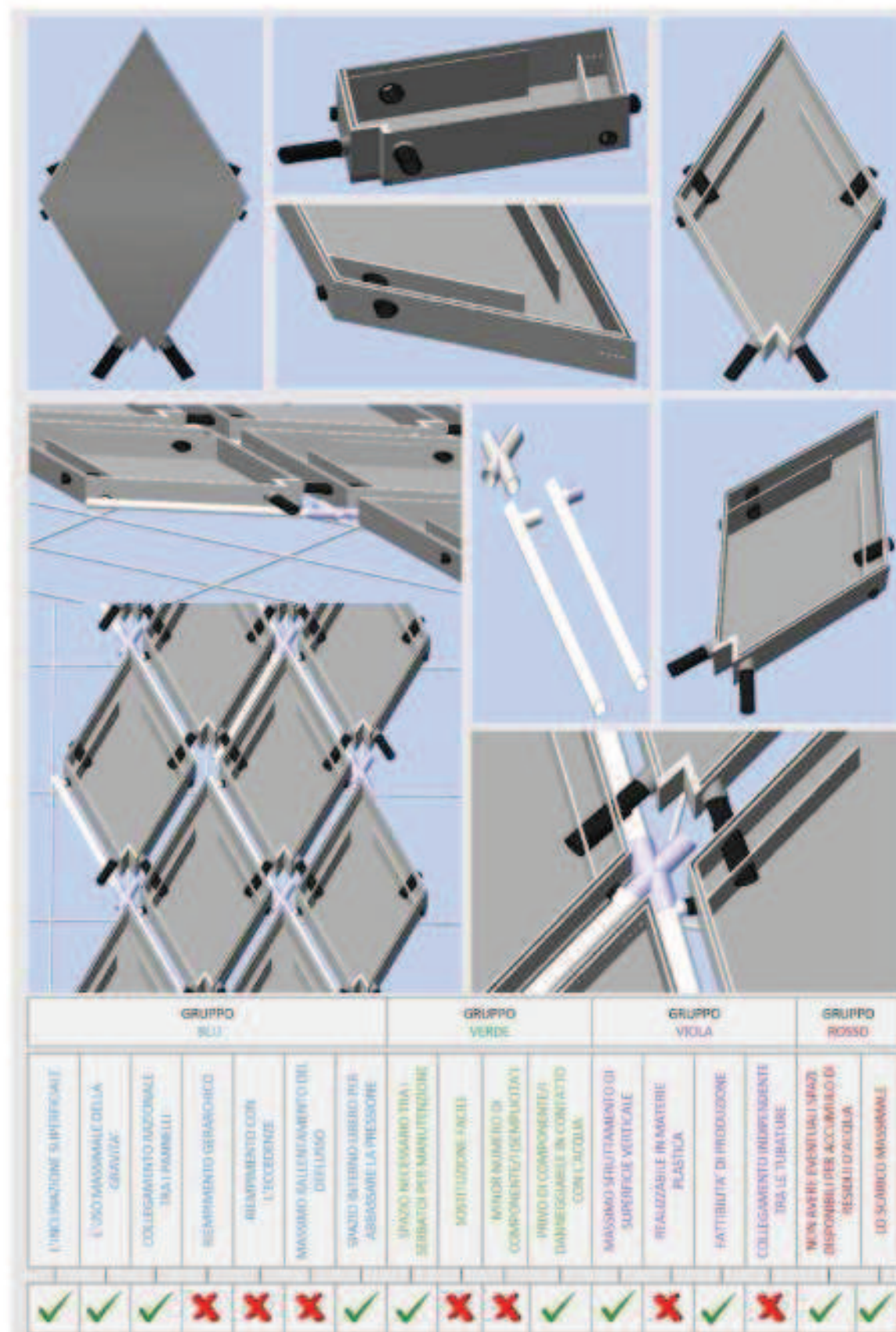
<sup>5</sup> Vedi: il paragrafo 7.4, le Fig. 12-17 del presente lavoro, p. 186





## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

Fig.20  
La seconda forma  
ottenuta dai  
serbatoi della  
facciata e la  
valutazione dei  
fattori progettuali  
da soddisfare





7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi



Fig. 21  
La terza  
forma  
ottenuta dal  
serbatoio  
della  
facciata e la  
valutazione  
dei fattori  
progettuali  
da  
soddisfare



7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

Fig.22  
La seconda forma  
ottenuta dai  
serbatoi della  
facciata



7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi



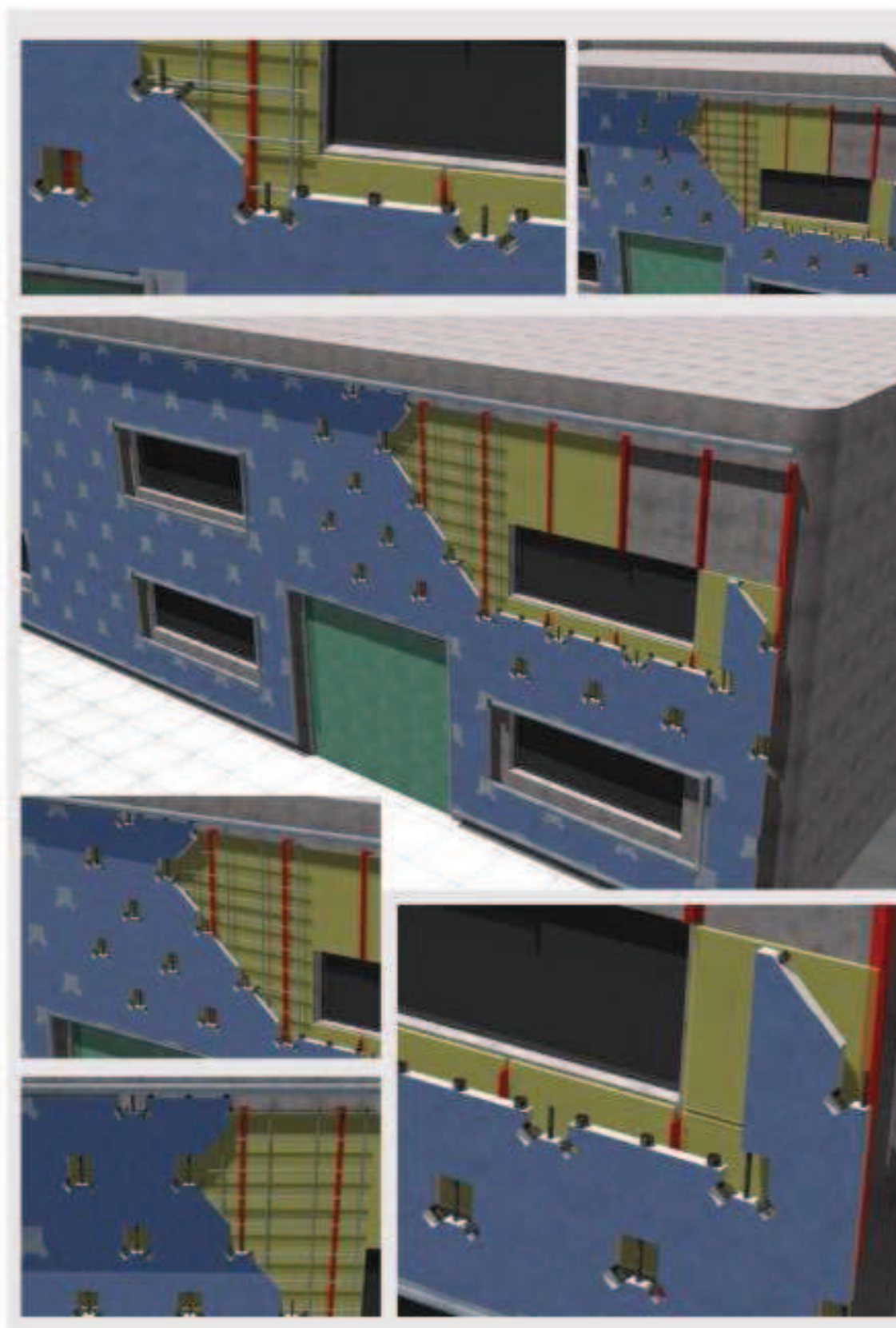
Fig. 23  
La quarta  
forma  
ottenuta  
dai  
serbatoi  
della  
facciata e  
la  
valutazion  
e dei  
fattori  
progettuale  
i da  
soddisfare

GRUPPO BLU		GRUPPO VERDE		GRUPPO VIGLA		GRUPPO ROSSO										
L'INCLINAZIONE SUPERFICIALE	L'USO MASSIMALE DELLA "GRAVITA"	COLLEGAMENTO RAZIONALE TRA I PANNELLI	RIPIEPIIMENTO GENERICHI	RIPIEPIIMENTO CON L'ECCEZIONE	MASSIMO RALLENTAMENTO DEL DEFLESSO	SPAZIO INTERNO LIBERO PER ADATTARE LA PRESSIONE	SPAZIO RELIGIOSO (TRA) SERBATOI PER MANUTENZIONE	SOSTITUZIONE FACILE	MINOR NUMERO DI COMPONENTI (MULTI)	PIRRO DI COMPONENTI/INAVVICIABILI IN CONTATTO CON L'ACQUA	MASSIMO SFRUTTAMENTO DI SUPERFICIE VERTICALE	REALIZZABILE IN MATERIE PLASTICHE	FATTIBILITA DI PRODUZIONE	COLLEGAMENTO INDIPENDENTE TRALLE TURNALE	NON AVERE EVENTUALI SPAZI DISPONIBILI PER ACCUMULO DI RESIDUE D'ACQUA	LO SCORRICO MASSIMALE
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓



## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

Fig.24  
La quarta forma  
ottenuta dai  
serbatoi della  
facciata





7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi



Fig.25  
La quarta  
forma  
ottenuta dai  
serbatoi della  
facciata



## 7.6 LA CONCLUSIONE DEL CAPITOLO

Abbiamo visto che il processo di definizione dei componenti finali, ovvero i serbatoi protagonisti del nostro sistema della facciata ventilata, è basato su tre elementi principali:

- I bisogni degli utenti
- Le caratteristiche del prodotto
- I problemi individuati che possono vincolare il buon funzionamento di ogni singolo serbatoio

Grazie ad un'interpretazione razionale di questi tre elementi siamo riusciti ad estrapolare i parametri e i dettagli costruttivi per definire la forma finale dei nostri pannelli. Come è stato visto nelle fig. 20-26, la definizione della forma dei serbatoi, in assenza dell'applicazione del metodo QFD, ha subito dei cambiamenti necessari per superare i punti deboli e migliorare il sistema. Ma dopo di aver applicato il metodo siamo riusciti ad ottenere una forma geometrica capace di soddisfare nel modo più soddisfacente rispetto a quelle risultanti da un normale andamento tipologico dal punto di vista progettuale. Questa forma ottenuta verrà considerata nella definizione finale dei serbatoi del sistema discussa nel prossimo capitolo. Ma prima di chiudere questo capitolo si necessita di discutere il logico seguito nell'andamento della progettazione delle prime 4 forme dei serbatoi dimostrate prima:

Nella prima forma progettata, sfruttare la forza di gravità il più possibile tramite l'uso d'inclinazione, avere il doppio strato per battere il congelamento e il collegamento gerarchico tra i serbatoi, sono stati i principali parametri considerati.

Nella seconda forma invece, sono stati individuati i problemi che possono essere manifestati nel caso di non avere un scarico totale e senza residui da ogni serbatoio. Perciò è stato migliorata la capacità del serbatoio per uno sfruttamento maggiore della forza di gravità. Inoltre si è cercato di eliminare gli angoli che possono diventare un'eventuale posizione critica per accumulare i residui dell'acqua di deflusso che non viene scaricato. La terza questione considerata nella seconda forma è stata quella di gestire le eccedenze e farle uscire verso la destinazione finale del deflusso della acqua meteorica stoccata. Questo per evitare che i serbatoi andassero sotto pressione a causa dell'accumulo di quest'acqua all'interno.

La terza forma però, è diventata ancora più completa rispetto alle forme precedenti. Il collegamento tra i pannelli, che nelle prime forme seguiva il principio dell'inserimento delle tubature, è stato modificato.

Questo tipo d'inserimento poteva diventare un problema nel caso di un eventuale sostituzione di questi pannelli durante la manutenzione. Per questo motivo nella terza forma i tubi dei serbatoi si appoggiano solamente uno sopra l'altro senza incastrarsi e vengono fissati tramite i raccordi elettrosaldabili. Un altro cambiamento effettuato verso un miglioramento funzionale nella terza forma, è stato aggiungere una pompa di chiusura/apertura sull'uscita principale situata nel fondo del pannello. Questo sistema divide la fase dello scarico in due tempi: durante la pioggia e dopo la pioggia. Praticamente il contenitore sulla pompa viene riempito con l'acqua che entra, un'azione che fa abbassare la pompa per via del peso dell'acqua contenuta. In questo modo l'uscita sul fondo si chiude e rimarrà chiusa fino alla fine dell'evento e soltanto le due uscite laterali scaricheranno l'acqua. Una volta finita la pioggia, questo contenitore si svuota grazie ai fori previsti sul proprio corpo, ritorna al peso di base e grazie alla molla,

---

<sup>7</sup>Vedi: il paragrafo 7.4, la Fig.17 del presente lavoro, p. 199



## 7. Ipotesi del progetto e la verifica rispondenza ai requisiti prestazionali e gli obiettivi

---

precedentemente sotto pressione, la pompa ritorna nella sua posizione iniziale e riapre l'uscita sul fondo. Questo processo ci permette di avere due fasi di scarico e guadagnare più tempo per ridurre la pressione del carico finale sulla rete di drenaggio della zona. Ma alla fine, nonostante il buon funzionamento di questa pompa, a causa dell'effetto usurante dell'acqua sui materiali, l'idea di avere componenti mobili a diretto contatto con l'acqua si è manifestata come un punto critico.

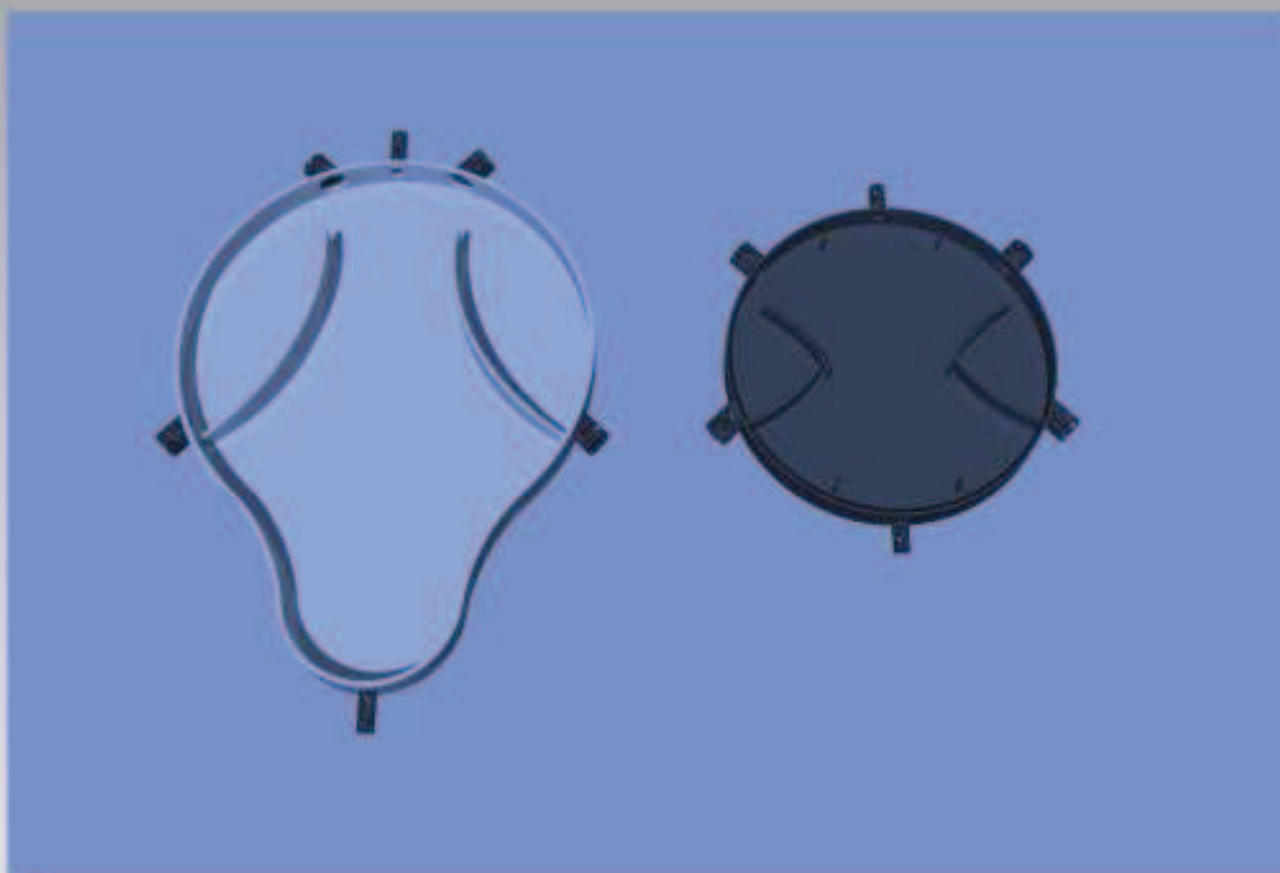
La quarta forma ha cercato di risolvere questo punto critico rallentando il deflusso in maniera più semplice.

Praticamente riducendo il diametro dell'uscita principale sul fondo del serbatoio, si è creata la possibilità d'immagazzinare l'acqua in entrata ma allo stesso tempo farla uscire con una portata ridotta. In questo caso si è riuscito ad ottenere il ciclo di rallentamento di deflusso senza avere i componenti in più all'interno dei serbatoi. La 4ª forma, come si vede anche nella Fig. 19, riesce a soddisfare tutti i parametri necessari per il funzionamento del sistema. Ma la forma ancora migliore che riesca a soddisfare i bisogni più importanti degli utenti del progetto, è risultata la forma circolare, soprattutto per le questioni tecniche riguardanti alla produzione di questi serbatoi in materie di Plastica.

Nel prossimo capitolo presenteremo la forma definitiva dei serbatoi di questo sistema e le eventuali soluzioni per averlo sia sotto la categoria dei sistemi della facciata ventilata, come obiettivo principale del progetto, sia come una facciata modulare e non ventilata come soluzione secondaria.







## 8 PRESENTAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO: I COMPONENTI FINALI, IL SISTEMA D'ANCORAGGIO E LA SOTTOSTRUTTURA

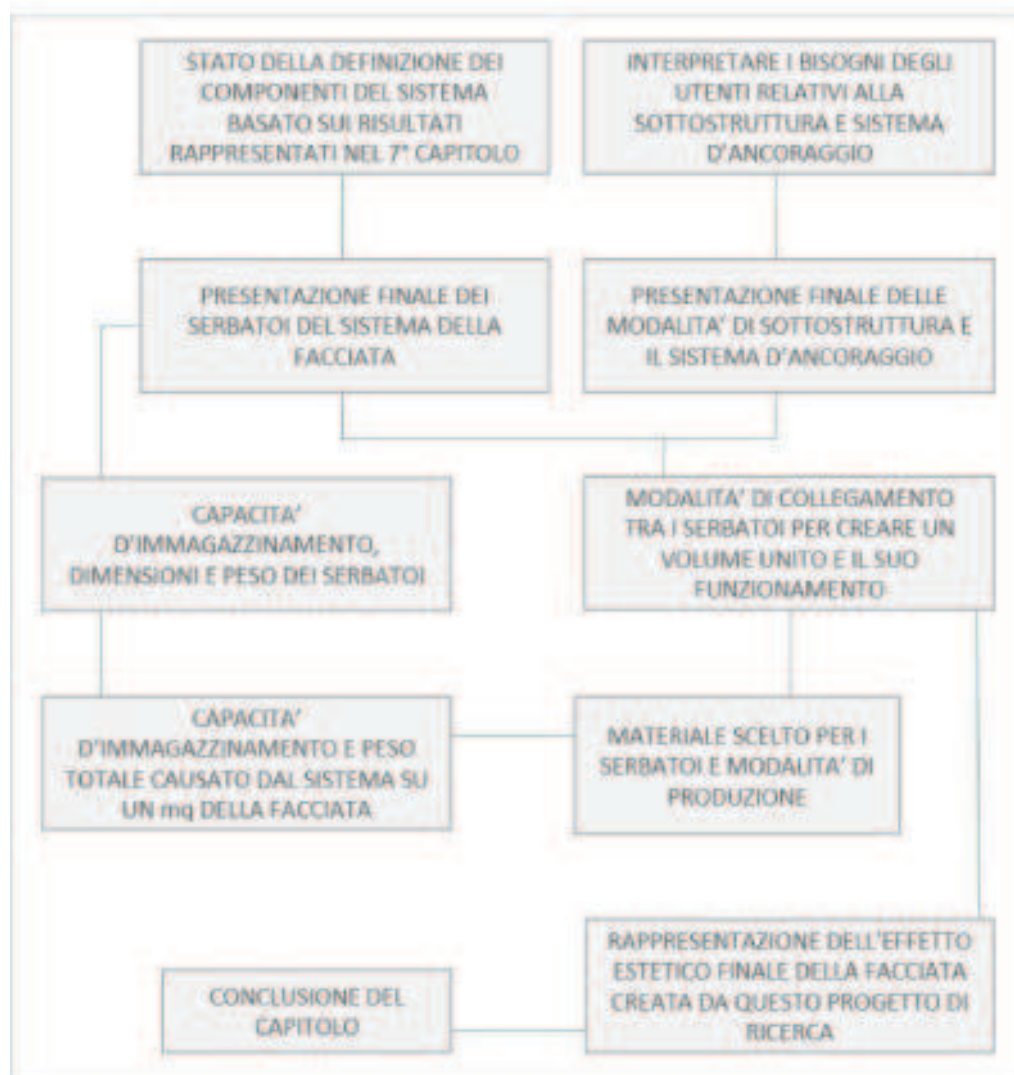
8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

---

Immagine: Le forme finali dei serbatoi del sistema nelle modalità a vista ed a scomparsa. (pp.218-219 del presente documento)



## LAYOUT DEL CAPITOLO



### 8.1 LA STRATEGIA SCELTA PER LA PROGETTAZIONE FINALE DEI SERBATOI DEL SISTEMA

Siamo arrivati all'ultima fase di questa ricerca, la fase in cui si presenta la progettazione finale. Nel capitolo precedente abbiamo interpretato i risultati ottenuti dal QFD per la progettazione dei serbatoi del sistema. In questo capitolo si raggiungerà la definizione finale di questa progettazione, considerando tutti i fattori individuati, per arrivare ad un livello accettabile di funzionalità del sistema. Nel capitolo 7 è stato dimostrato, tramite i relativi diagrammi, che per soddisfare i bisogni degli utenti in modo migliore bisognerebbe coprire i serbatoi del sistema con i componenti finali<sup>1</sup>. Questi componenti ci danno la possibilità di superare i limiti legati alla modularietà del sistema soprattutto riguardo alla chiusura del perimetro delle aperture e gli angoli della facciata. Inoltre per avere le stesse prestazioni di un sistema della facciata ventilata, in particolare l'intercapedine ventilata, è necessario non lasciare fughe d'aria in tutta la superficie della facciata.

<sup>1</sup>Vedi: il paragrafo 7.4, le Fig. 14 e 15, del presente lavoro, pp. 196 - 197

## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

---

Detto ciò, la possibilità di avere pannelli che vanno a coprire i serbatoi sulla facciata come componenti finali, è stata scelta come la strategia più soddisfacente per il nostro sistema sotto l'aspetto della facciata ventilata. Però per dare una libertà maggiore alla progettazione del sistema è preferibile offrire due soluzioni diverse per le facciate sottoposte ai nostri serbatoi:

La prima, seguendo le caratteristiche di un sistema della facciata ventilata, avrà i serbatoi a scomparsa mentre la seconda soluzione potrebbe essere di lasciare i propri serbatoi a vista, ottenendo sempre un sistema modulare ma non ventilato, per le facciate edilizie. In questo modo i fabbricati come i capannoni industriali in cui i benefici offerti da una facciata ventilata, tipo risparmio energetico, non saranno molto utili, possono usufruire del nostro sistema modulare con i serbatoi a vista. Inoltre, fabbricati di questo genere di solito possiedono delle facciate con poche o addirittura senza le aperture, come le finestre.

In questo capitolo presentiamo le due soluzioni categorizzandole in questo modo:

- il sistema della facciata modulare e ventilata (con i serbatoi a scomparsa)
- il sistema della facciata modulare e non ventilata (con i serbatoi a vista)

Anche se queste soluzioni saranno diverse dal punto di vista progettuale ed estetico, dal punto di vista della capienza volumetrica al metro quadrato della superficie verticale si è cercato di mantenere lo stesso risultato per tutte e due le soluzioni. Inoltre abbiamo cercato di far avvicinare i valori del peso aggiuntivo sulla facciata, creato dai componenti del sistema per entrambe le soluzioni. In altre parole la quantità e le dimensioni dei componenti sono state proporzionate per ognuna di quelle soluzioni, per rimanere sotto il valore raccomandato risultante dalle analisi effettuate sui sistemi della facciata ventilata nel 4 capitolo<sup>2</sup>.

### 8.2 MODALITA' DELLA PRESENTAZIONE DEL SISTEMA E LE MODIFICHE SUBITE DAI COMPONENTI FINALI

Il passaggio compiuto tra la terza e quarta forma proposta nel capitolo precedente<sup>3</sup>, ha considerato i seguenti miglioramenti:

- Ridurre il più possibile lo spazio libero tra i pannelli, necessario per il passaggio delle tubature,
- Aumentare la capacità volumetrica dei pannelli sfruttando lo spazio sopraccitato,
- Diminuire il numero dei pressopiegati, ovvero gli elementi di rifinitura, per coprire le tubature e armonizzare la forma dei pannelli principali con quella dei secondari,
- Ridurre il diametro dell'uscita posizionata sul fondo dei pannelli da 7 a 3 cm, dopo aver compiuto la simulazione numerica tramite il software Hec-Hms,<sup>4</sup>
- Togliere la pompa di chiusura<sup>5</sup> dall'interno del pannello principale per eliminare i componenti danneggiabili dall'effetto di ossidazione dell'acqua.<sup>6</sup>

Ma come abbiamo visto nel diagramma presentato con la Fig.19 del 7° capitolo, la forma circolare si è dimostrata ancora più soddisfacente rispetto alla forma esagonale. A parte questa piccola differenza dimostrata numericamente nella

---

<sup>2</sup>Vedi: il paragrafo 4.4 del presente lavoro, p. 85.

<sup>3</sup>Vedi: il paragrafo 7.5, le figure 21- 25, del presente lavoro, pp. 203 - 207

<sup>4</sup>Questa riduzione ci permetterà di rallentare ulteriormente il deflusso.

<sup>5</sup>Vedi: il paragrafo 7.5, le figure 21 - 22, del presente lavoro, pp. 203 - 204

<sup>6</sup>Questo fatto avrà anche una ricaduta positiva sulla semplificazione del processo di produzione e di conseguenza una riduzione maggiore sul prezzo finale.



valutazione di queste due forme, la forma circolare avrà anche un altro vantaggio. Nel paragrafo 8.5 di questo capitolo verrà discussa la scelta del materiale che abbiamo deciso di presentare per la fabbricazione dei nostri serbatoi. Quest'altro vantaggio di una forma circolare per i serbatoi sarà correlato con la modalità della loro produzione in materiale plastico presentata in quel paragrafo. Infatti i limiti tecnici di un processo di produzione con il materiale plastico, possono essere superati quando si tratta di fabbricazione di oggetti che non abbiano nella forma caratteristiche come gli spigoli, gli angoli retti e le superfici totalmente piatte. Come si vede, una forma circolare oltre a soddisfare i bisogni progettuali del nostro sistema, è priva di queste caratteristiche; ciò la rende ancora più idonea per la progettazione dei nostri serbatoi.

Tuttavia il contenuto di questo capitolo definisce lo stato della progettazione finale del sistema della facciata drenante del nostro progetto di ricerca. La presentazione finale comprende le 4 seguenti parti:

- La presentazione delle due soluzioni della progettazione del sistema: la soluzione con i serbatoi a scomparsa e quella con i serbatoi a vista.
- La presentazione del sistema d'ancoraggio
- La presentazione della sottostruttura
- La presentazione del sistema completo

### **8.3 LA PRESENTAZIONE DEI COMPONENTI COSTITUITI DELLA SOLUZIONE PRINCIPALE: I SERBATOI A SCOMPARSA (IL SISTEMA DELLA FACCIATA DRENANTE, MODULARE E VENTILATA)**

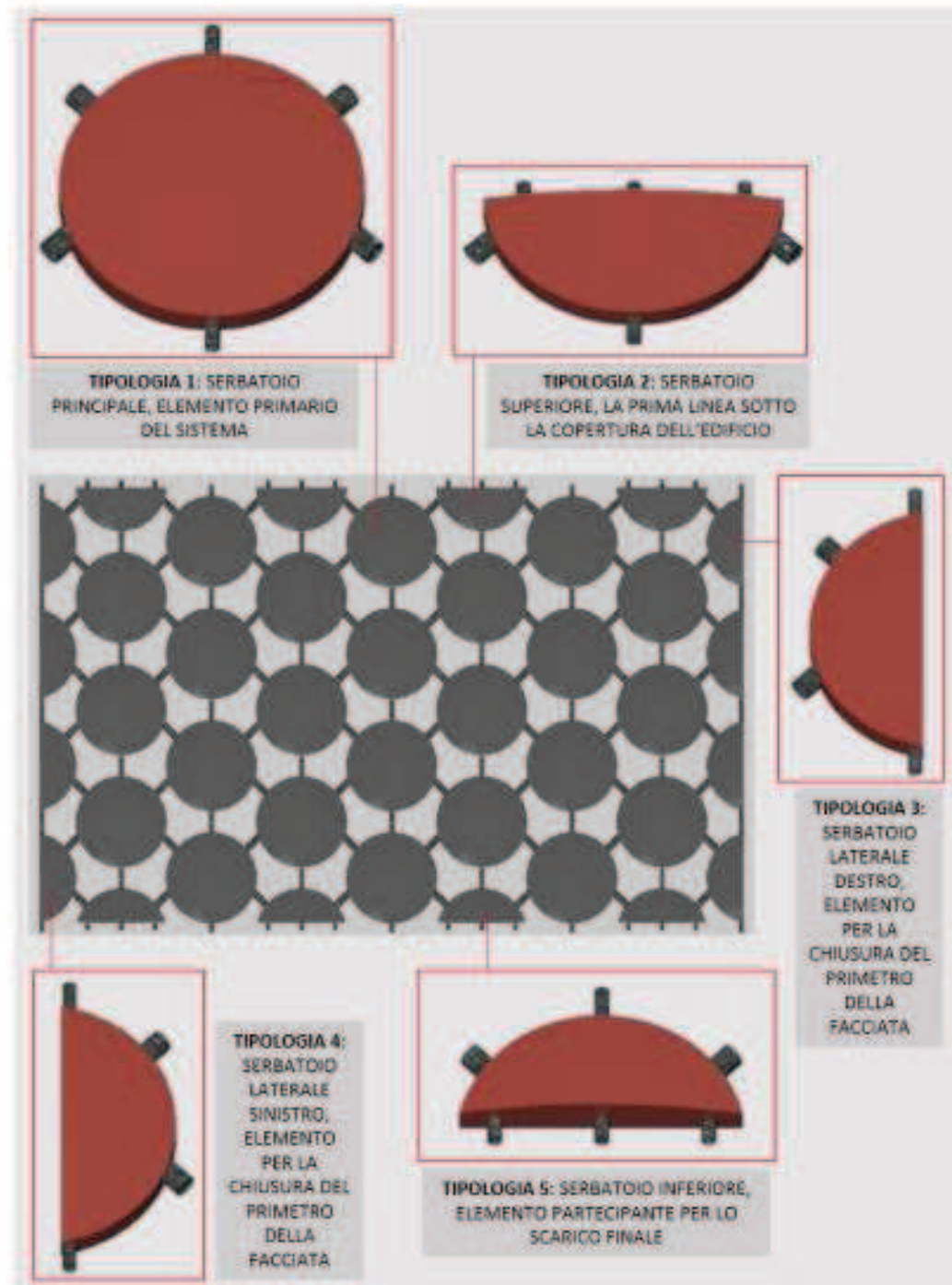
In questa modalità abbiamo sia i serbatoi che costituiscono il volume necessario per il drenaggio che i pannelli estetici, chiamati i componenti finali, che vanno a tamponare e nascondere i serbatoi. Questi serbatoi sono in n.4 tipologie diverse tra cui una sarà quella principale e le altre sono necessarie per chiudere il perimetro della facciata edilizia. In questo modo non vengono trascurate le parti della superficie verticale che non possono usufruire dalla tipologia principale a causa dei limiti dimensionali:



## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Fig.01

La dimostrazione delle varie tipologie del serbatoio del sistema (modalità di serbatoi a scomparsa, la facciata modulare e ventilata)



## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

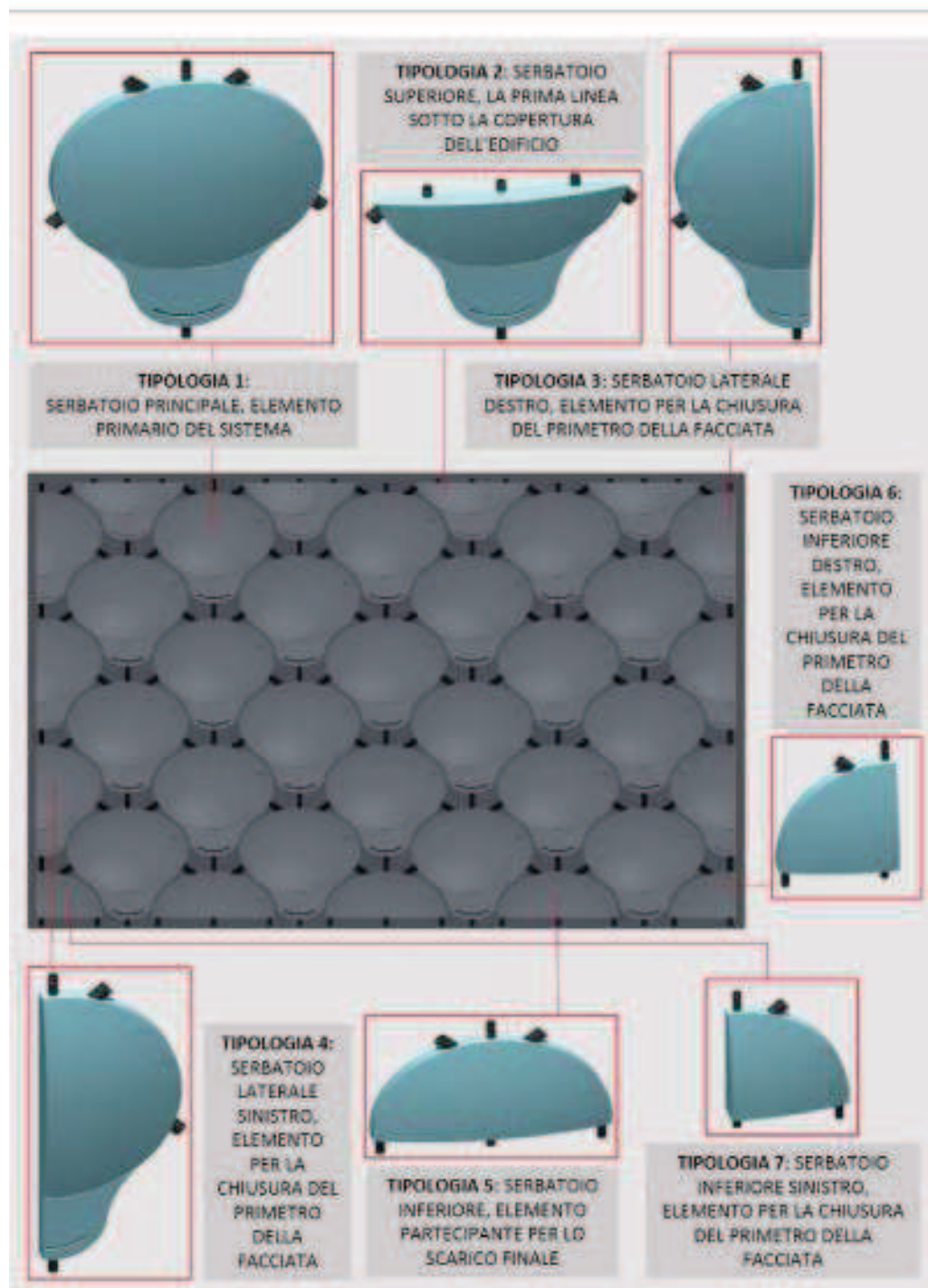
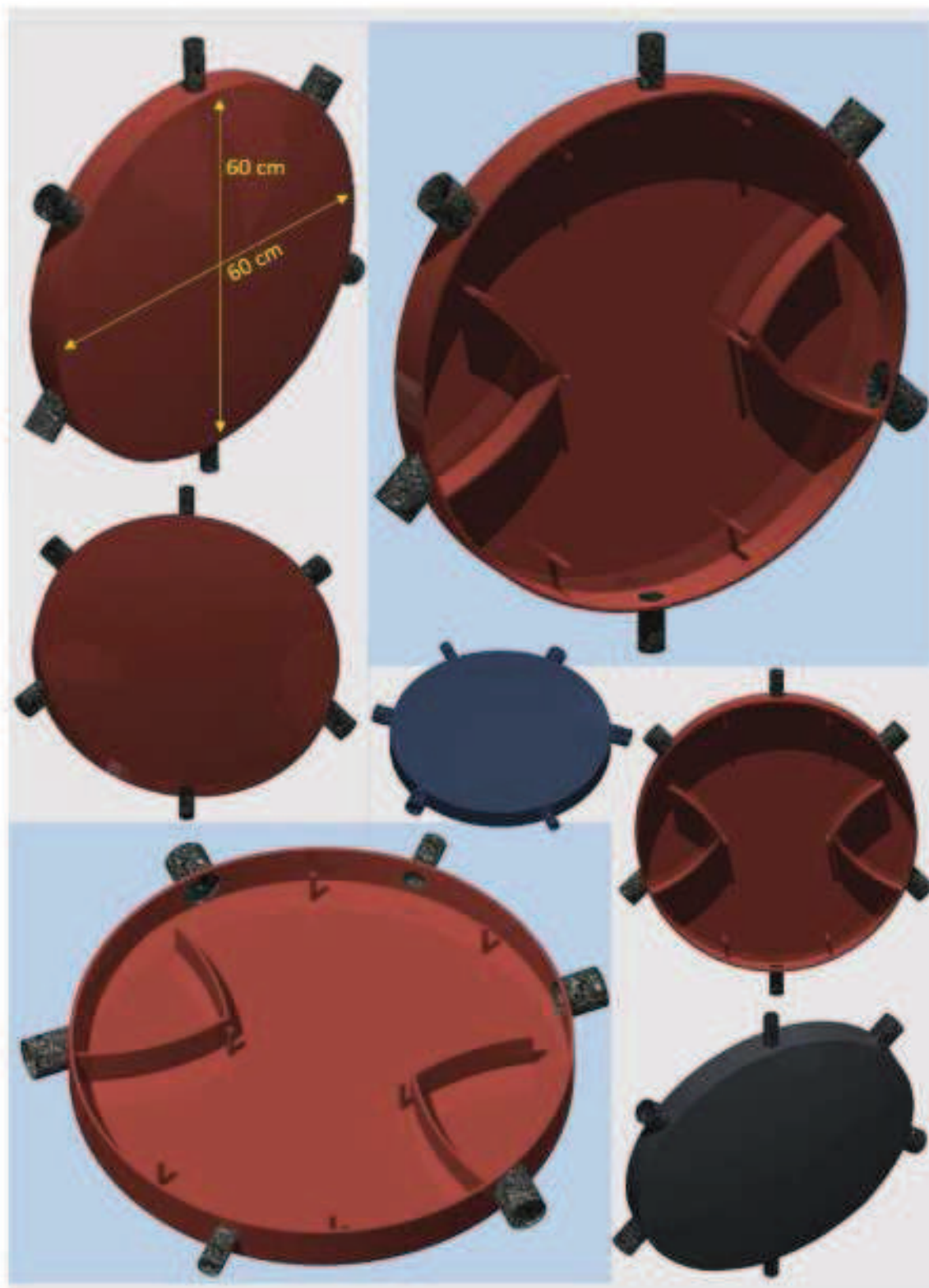


Fig.02  
La dimostrazione delle varie tipologie dei serbatoi del sistema (modalità di serbatoi a vista, la facciata modulare non ventilata).

Di queste tipologie, una sarà il serbatoio principale che copre la maggior parte della superficie verticale, con il compito di stoccaggio delle acque meteoriche in entrata, e avrà il ruolo principale nel processo di rallentamento del deflusso di queste acque. All'interno di questo serbatoio si trovano due aree: la prima, quella più ampia, ha il compito d'immagazzinare l'acqua. Tuttavia è dotato di un piccolo passaggio sul fondo per far uscire una quantità ridotta ma costante di quest'acqua. La seconda area, divisa in due parti laterali, è prevista per far passare le eccedenze ai serbatoi inferiori. Mentre le Fig. 03 e 04 rappresentano questo serbatoio indicando le aree sopracitate, la Fig. 05 dimostra un ciclo completo di riempimento, stoccaggio, passaggio e svuotamento del serbatoio principale del sistema durante la pioggia:

8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Fig.03  
La tipologia n° 1  
della categoria dei  
serbatoi a  
scomparsa





8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura



Fig.04  
La tipologia  
n°.1 della  
categoria dei  
serbatoi a  
vista

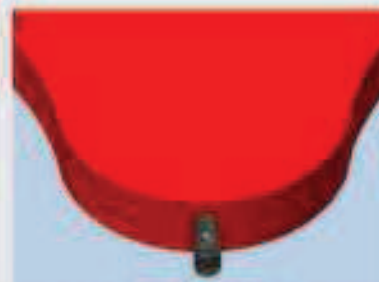
## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Fig.05

La dimostrazione delle varie aree interne dei serbatoi del sistema (a scomparsa ed a vista)



LE ENTRATE DI DEFLUSSO DELL'ACQUA METEORICA PROVENIENTE DAI SERBATOI SUPERIORI OPPURE DIRETTAMENTE DALLA COPERTURA DELL'EDIFICIO. ( $\phi$ : 3 cm quella principale e 5 cm quelle laterali)



L'USCITA PRINCIPALE SUL FONDO DEI SERBATOI. FANNO USCIRE UNA PARTE RIDOTTA DEL DEFLUSSO APPENA ENTRATO RALLENTANDO IL CICLO DELLO SCARICO. ( $\phi$ : 3 cm)



MADRE VITI INCORPORATI NEI SERBATOI PER ESSERE FISSATI TRAMITE I COMPONENTI D'ANCORAGGIO ALLA SOTTOSTRUTTURA DEL SISTEMA. ( $\phi$ : 8 mm)



LO SPAZIO PER GUIDARE LE ECCEDENZE VERSO LE USCITE LATERALI. PASSAGGIO DELL'ACQUA VERSO I SERBATOI INFERIORI. ( $\phi$ : 5 cm)



LO SPESSORE DELLE PARETI A 6 MM PER EVITARE IL CONGELAMENTO DELL'ACQUA ALL'INTERNO DEI SERBATOI.

8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

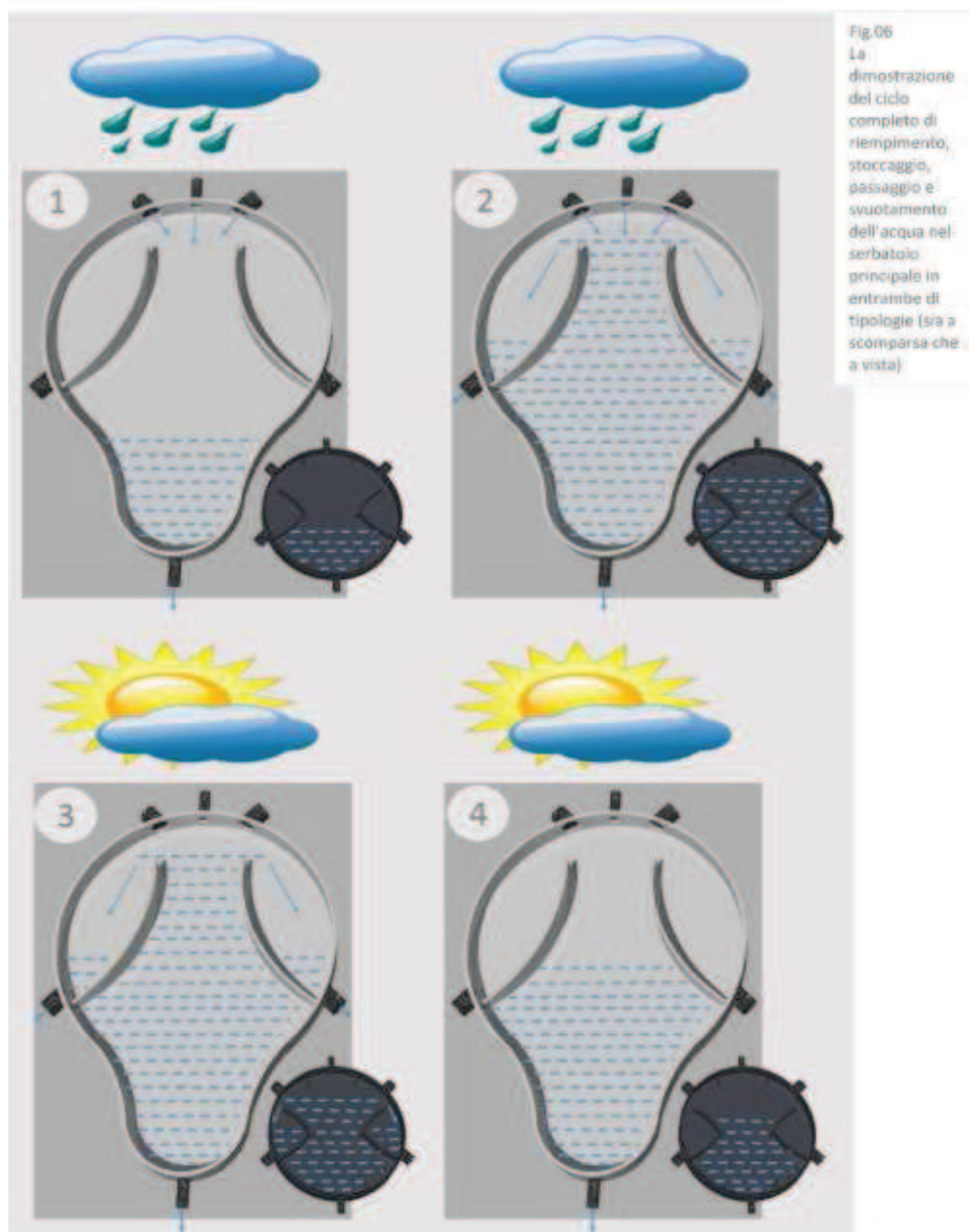


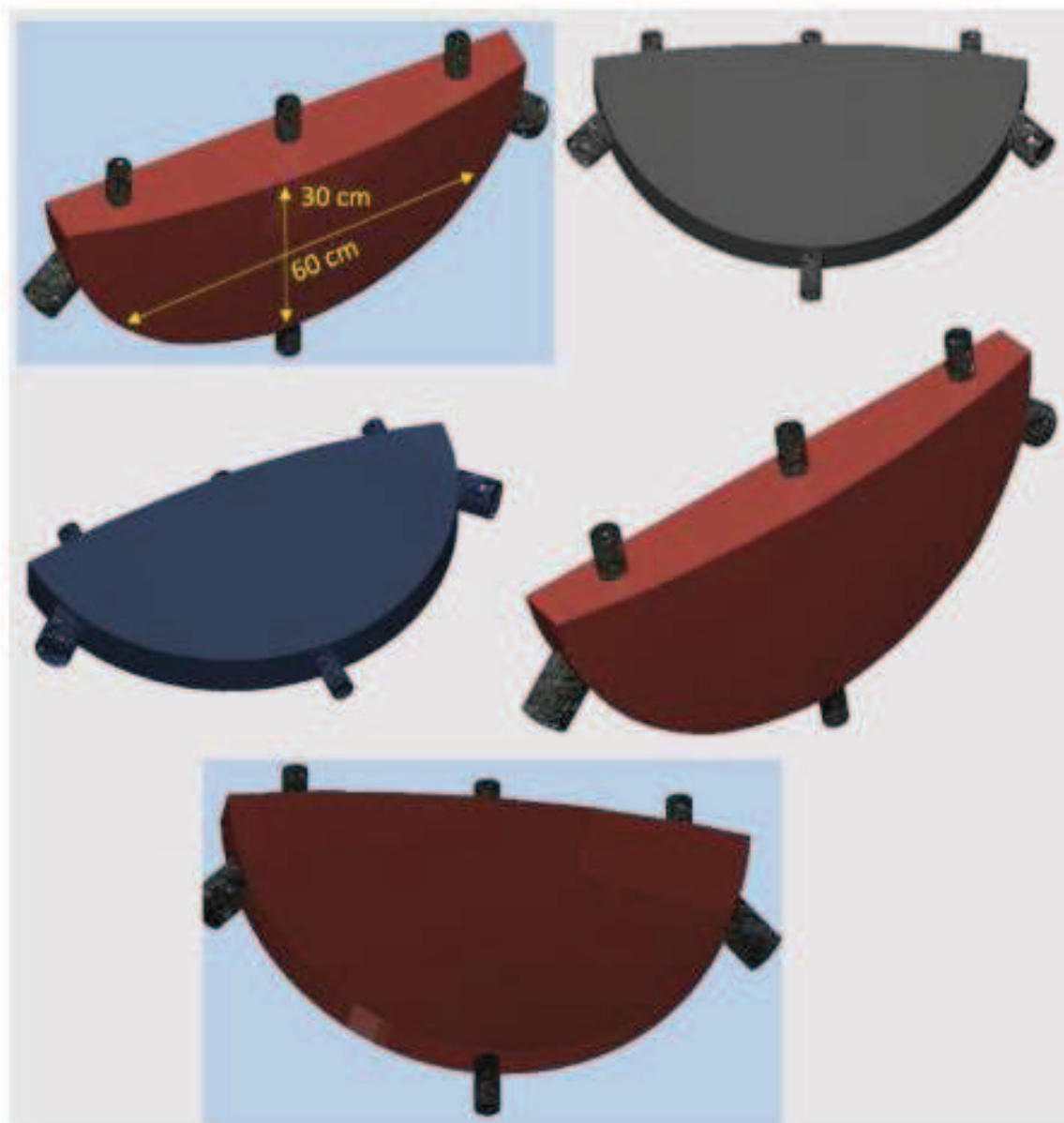
Fig.06  
La dimostrazione del ciclo completo di riempimento, stoccaggio, passaggio e svuotamento dell'acqua nel serbatoio principale in entrambe di tipologie (sia a scomparsa che a vista)

Le altre 3 tipologie di serbatoi compiono entrambi i processi d'immagazzinamento e passaggio dell'acqua contemporaneamente. Le seguenti figure dimostrano queste varietà tipologica:



8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Fig.07  
La tipologia n°. 2  
della categoria dei  
serbatoi a  
scomparsa



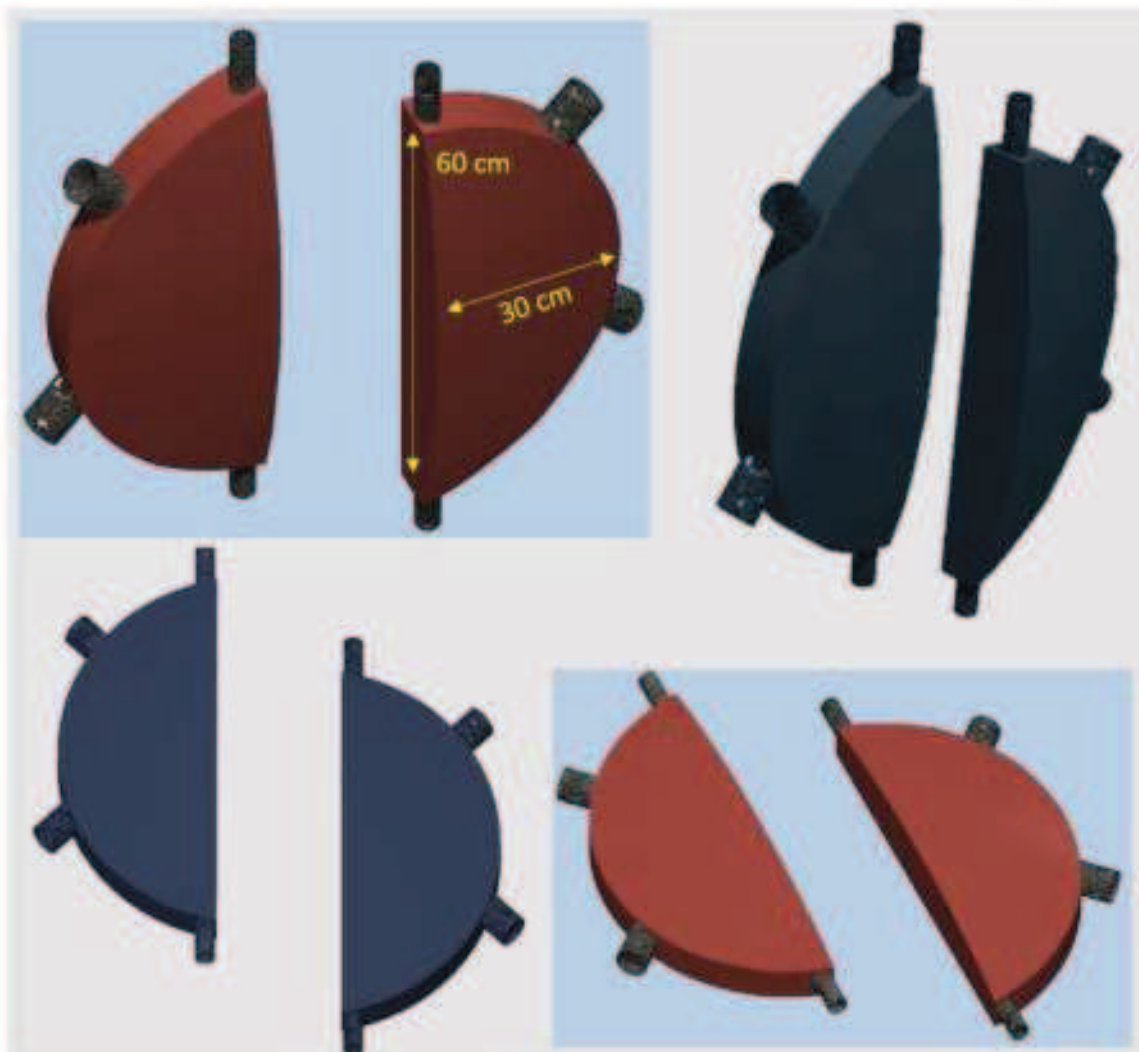
8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura:



Fig.08  
La tipologia  
n° 2 della  
categorie dei  
serbatoi a  
vista

8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Fig.09  
Le tipologie n° 3 e  
n° 4 della categoria  
dei serbatoi a  
scomparsa





8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura



Fig.10  
Le tipologie n° 3 e  
n° 4 della categoria  
dei serbatoi a vista

8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Fig.11  
La tipologia n°5 della  
categorie dei serbatoi  
a scomparsa



8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura



Come è stato detto prima, la modalità di questa soluzione, chiamata "la facciata drenante e modulare - ventilata con i serbatoi a scomparsa", comprende anche i componenti finali che in realtà sono i pannelli progettati appositamente per chiudere la facciata. Questi pannelli diventano l'ultimo strato del sistema che copre i serbatoi e definiscono l'aspetto estetico dell'edificio.

La chiusura del perimetro della facciata edilizia e le aperture posizionate sulla superficie verticale del fabbricato, presentano dei limiti, e per superarli è

Fig. 12  
Le tipologie n° 5,  
n° 6 e n° 7 della  
categorie dei  
serbatoi a vista



necessario avere libertà nella modalità d'installazione e nel sistema d'ancoraggio dei componenti finali. Questi fattori sono stati considerati nella progettazione di questi componenti, ovvero i pannelli del sistema, che costituiscono ultimo strato nella modalità di "serbatoi a scomparsa".

#### **8.4 LA PRESENTAZIONE DEI COMPONENTI COSTITUITI DALLA SOLUZIONE SECONDARIA: I SERBATOI A VISTA (IL SISTEMA DELLA FACCIATA DRENANTE, MODULARE E NON VENTILATA)**

La seconda soluzione progettuale del nostro sistema, come si vede dal nome, lascerà i serbatoi del sistema a vista. Ciò che vuol dire non avere più i pannelli dimostrati prima, che creano un strato finale per coprire i componenti di drenaggio del sistema e chiudere la facciata.

In questo caso rimarranno due questioni da risolvere:

- Il fatto che i serbatoi, in questa modalità, sono in vista darebbe, oltre al compito di drenare, il ruolo di presentare esteticamente la facciata creata sull'edificio. Questa realtà ci ha obbligato a dargli un'identità architettonica che, oltre a mantenere tutte le caratteristiche necessarie per il sistema, soddisfi l'aspetto estetico dell'edificio.

- La forma dei serbatoi a vista deve recuperare gli spazi vuoti tra i serbatoi a scomparsa che andavano nascosti sotto i pannelli finali. In altre parole, la forma progettata per questi serbatoi deve considerare la massima riduzione possibile di spazio tra loro per dare un effetto estetico soddisfacente per il fabbricato.

#### **8.5 LA CAPACITA' D'IMMAGAZZINAMENTO E LE DIMENSIONI DEI SERBATOI**

A prescindere da quale delle due soluzioni utilizzare, ovviamente l'efficienza della nostra facciata drenante, che funziona fondamentalmente con il principio d'immagazzinamento, dipende direttamente dalla quantità di acqua che riesce a stoccare. Per questo motivo abbiamo cercato di raggiungere una capienza significativa per ogni metro quadrato della superficie verticale coperta dai nostri serbatoi della facciata. Chiaramente sono stati considerati anche alcuni vincoli che hanno limitato la libertà di massimizzare questo volume. Tra questi, il più importante è la forza causata dal peso dei pannelli pieni d'acqua sulla facciata edilizia. Precedentemente nel paragrafo 4.4 del 4° capitolo, è stata fatta un'analisi sullo stato attuale dei sistemi della facciata ventilata confrontando 32 tecnologie utilizzate dalle 17 aziende produttrici di questi sistemi. Tra i risultati di questa analisi sono stati anche dimostrate le fasce dei pesi di queste facciate. Basandosi sui risultati ottenuti possiamo dire, riguardo al nostro sistema, che un peso di circa 55 kg/mq sulla superficie verticale è un valore abbastanza comune.

Nelle Fig. 13 e14, oltre a dimensioni e capienze di tutte le tipologie di pannelli che fanno parte del nostro sistema, viene mostrato anche il peso creato dai pannelli su una superficie di un metro quadrato della facciata:

8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura





TIPOLOGIA DEL SERBATOIO (A SCOMPARSA)	SPESSORE DEL PANNELLO (CM)	NUMERO E DIAMETRO DELLE ENTRATE (MM)	NUMERO E DIAMETRO DELLE USCITE (MM)	CAPACITÀ NOMINALE (LITRI)	CAPACITÀ EFFETTIVA (LITRI)	PESO SENZA L'ACQUA (KG)	PESO CON L'ACQUA (KG)
	7	1 X 30 2 X 50	1 X 30 2 X 50	22	19	1.5	20.5
	7	1 X 30 1 X 50	1 X 30 1 X 50	10	8.5	1	9.5
	7	3 X 70	1 X 30 2 X 50	10	10	1	11
	7	1 X 30 2 X 50	3 X 70	9	9	1	10

Fig.13  
La capacità e il peso dei serbatoi del sistema (modalità a scomparsa)






TIPOLOGIA DEL SERBATOIO (A VISTA)	SPESSORE DEL PANNELLO (CM)	NUMERO E DIAMETRO DELLE ENTRATE (MM)	NUMERO E DIAMETRO DELLE USCITE (MM)	CAPACITÀ NOMINALE (LITRI)	CAPACITÀ EFFETTIVA (LITRI)	PESO SENZA L'ACQUA (KG)	PESO CON L'ACQUA (KG)
	6	1 X 30 2 X 50	1 X 30 2 X 50	32	29	2	31
	6	1 X 30 1 X 50	1 X 30 1 X 50	16	14	1.5	15.5
	6	3 X 70	1 X 30 2 X 50	16	16	1.5	17.5
	6	1 X 30 1 X 50	2 X 70	5.5	5.5	0.75	6.25
	6	1 X 30 2 X 50	3 X 70	11	11	1.5	12.5

Fig.14  
La capacità e il peso dei serbatoi del sistema (modalità a vista)



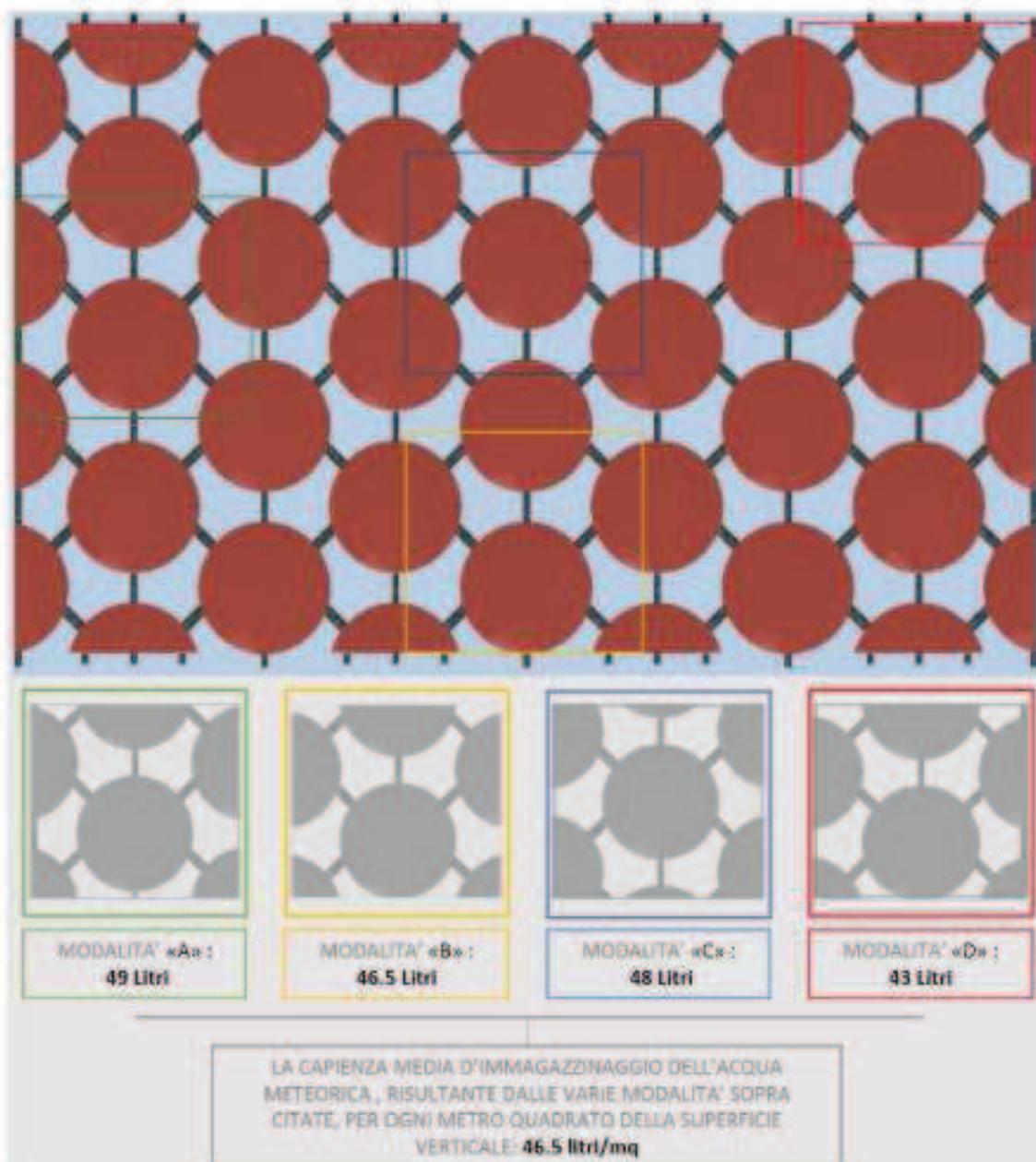
## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Il valore del peso è stato calcolato per quattro diverse modalità in cui i serbatoi possono essere composti, tenendo come riferimento un'area di un metro quadrato della superficie verticale. Inoltre in questi calcoli vengono dimostrati i valori del peso del sistema al metro quadrato per entrambe le soluzioni. Chiaramente nella soluzione principale, ovvero "i serbatoi a scomparsa", il peso dei pannelli finali che coprono i serbatoi viene considerato, mentre nella soluzione secondaria il peso calcolato è risultato solamente dai serbatoi e i loro componenti d'ancoraggio.

La somma dei pesi dei serbatoi, o di una parte di essi, che si trovano nell'area di queste quattro aree evidenziate, è stata calcolata in entrambe le condizioni in presenza o assenza di acqua meteorica (le Fig. 15 e 16). Per calcolare il peso dei serbatoi, nella condizione vuota, è stato considerato il peso specifico del materiale scelto per la loro produzione (il Polietilene) mentre per calcolare i valori relativi alla soluzione principale il peso specifico per i pannelli di chiusura è dell'alluminio.

Fig. 15

Le varie probabilità di posizionamento dei serbatoi in perimetro di un metro quadrato della superficie verticale per calcolare il valore medio di loro capienza al mq (la modalità dei serbatoi a scomparsa).





8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

TIPOLOGIA DEL SERBATOIO (A SCOMPARSA)				
PESO SENZA L'ACQUA* (KG)	1.5	1	1	1
PESO CON L'ACQUA (KG)	20.5	9.5	11	10

\* Per calcolare il peso dei pannelli è stato considerato il valore di peso specifico del Polietilene ad alta densità molecolare che è pari a 0.9 kg/dm<sup>3</sup>.

MODALITA' «A»: 49 Litri	MODALITA' «B»: 46.5 Litri	MODALITA' «C»: 48 Litri	MODALITA' «D»: 43 Litri

LA CAPIENZA MEDIA D'IMMAGAZZINAGGIO DELL'ACQUA METEORICA, RISULTANTE DALLE VARIE MODALITA' SOPRA CITATE, PER OGNI METRO QUADRATO DELLA SUPERFICIE VERTICALE: 46.5 litri/mq

MODALITA' DELLA COMPOSIZIONE DEI SERBATOI A SCOMPARSA IN UN «mq» DELLA SUPERFICIE VERTICALE				
PESO SENZA ACQUA (KG)	5.5	5	4	5
PESO CON ACQUA (KG)	54.5	51.5	52	48

IL PESO MEDIO DEI SERBATOI SU UN METRO QUADRATO DELLA SUPERFICIE VERTICALE (LO STATO NORMALE E SENZA ACQUA)

4.87 kg/mq

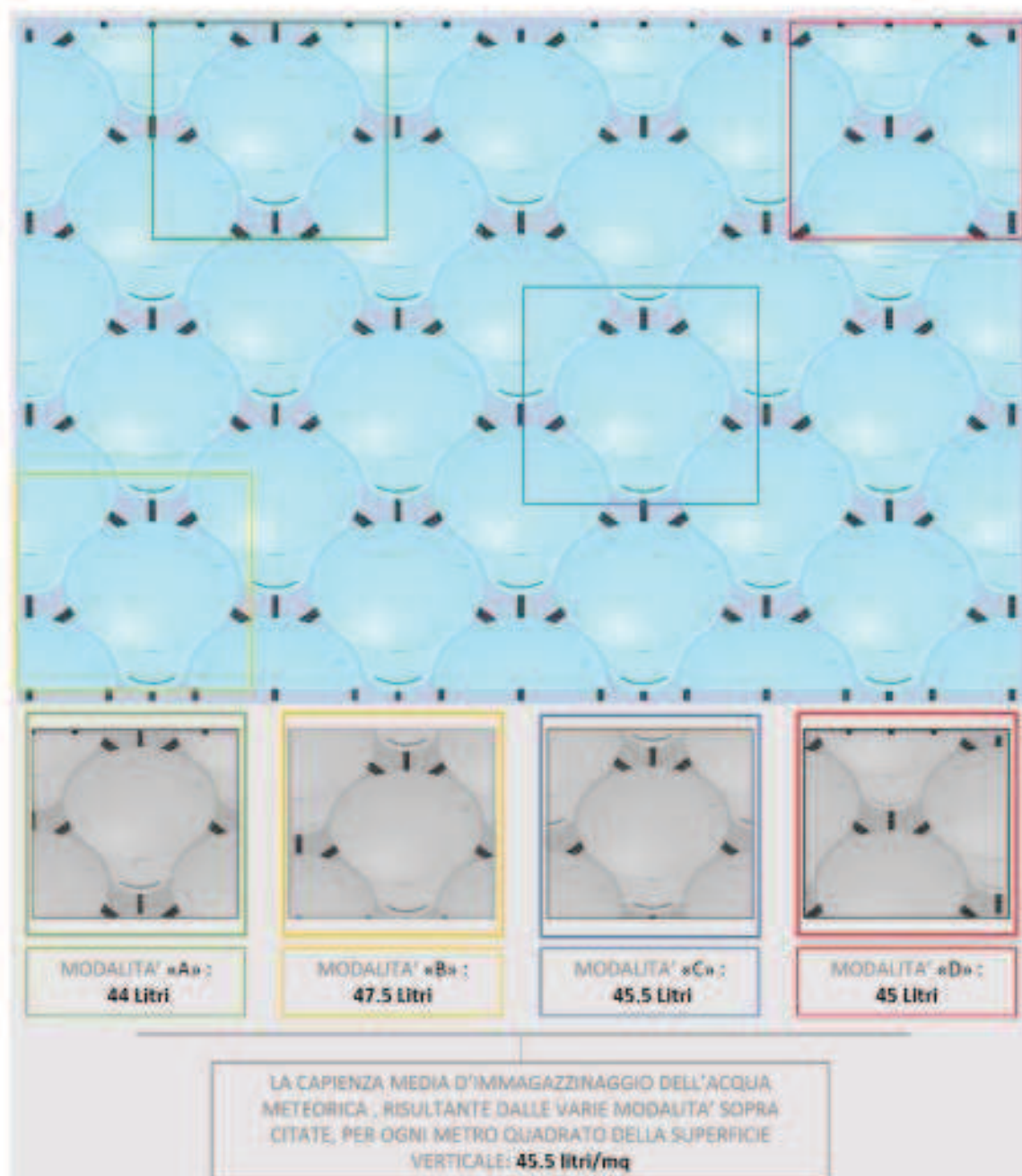
IL PESO MEDIO DEI SERBATOI SU UN METRO QUADRATO DELLA SUPERFICIE VERTICALE (LO STATO ATTIVO E PIENA D'ACQUA)

51.5 kg/mq

Fig.16 I calcoli relativi al peso e la capienza dei serbatoi, pieni e vuoti, in un metro quadrato della superficie della facciata (modalità dei serbatoi a scomparsa)

## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Fig.17  
Le varie probabilità di posizionamento dei serbatoi in perimetro di un metro quadrato della superficie verticale per calcolare il valore medio di loro capienza al mq (la modalità dei serbatoi a vista)



8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

TIPOLOGIA DEL SERBATOIO (A SCOMPARSA)					
PESO SENZA L'ACQUA* (KG)	2	1.5	1.5	1.5	0.75
PESO CON L'ACQUA (KG)	31	15.5	17.5	12.5	6.25

\* Per calcolare il peso dei pannelli è stato considerato il valore di peso specifico del Polietilene ad alta densità molecolare che è pari a 0.9 kg/dm<sup>3</sup>.

MODALITA' «A»: 44 Litri	MODALITA' «B»: 47.5 Litri	MODALITA' «C»: 45.5 Litri	MODALITA' «D»: 45 Litri
LA CAPIENZA MEDIA D'IMMAGAZZINAGGIO DELL'ACQUA METEORICA, RISULTANTE DALLE VARIE MODALITA' SOPRA CITATE, PER OGNI METRO QUADRATO DELLA SUPERFICIE VERTICALE: 45.5 litri/mq			

MODALITA' DELLA COMPOSIZIONE DEI SERBATOI A SCOMPARSA IN UN «mq» DELLA SUPERFICIE VERTICALE				
PESO SENZA ACQUA (KG)	5	6.5	6	5.5
PESO CON ACQUA (KG)	49	54	51.5	50.5
II. PESO MEDIO DEI SERBATOI SU UN METRO QUADRATO DELLA SUPERFICIE VERTICALE (LO STATO NORMALE E SENZA ACQUA)				5.75 kg/mq
II. PESO MEDIO DEI SERBATOI SU UN METRO QUADRATO DELLA SUPERFICIE VERTICALE (LO STATO ATTIVO E PIENA D'ACQUA)				51.25 kg/mq

Fig.18 I calcoli relativi al peso e la capienza dei serbatoi, pieni e vuoti, in un metro quadrato della superficie della facciata (modalità dei serbatoi a vista)



## 8.6 LA SOTTOSTRUTTURA, IL SISTEMA D'ANCORAGGIO E LA VERIFICA DI LORO STATO DI COMPATIBILITA' CON I SISTEMI ESISTENTI DELLA FACCIATA VENTILATA

La Fig. 19 dimostra i bisogni degli utenti e le caratteristiche generali del prodotto relativi alla sottostruttura ed al sistema d'ancoraggio che sono stati discussi precedentemente <sup>7</sup>.

Fig.19

Elenco dei bisogni degli utenti, caratteristiche del prodotto e i fattori problematici relativi alla sottostruttura e il sistema d'ancoraggio

**BISOGNO:** U1, A2, A3, A4, A5, A6, T1, T2, T3, V2, V3, V4, V5, V6, S2, P3, P6, P7, P8, P9, P10, M1 e M2

**CARATTERISTICHE:** C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7

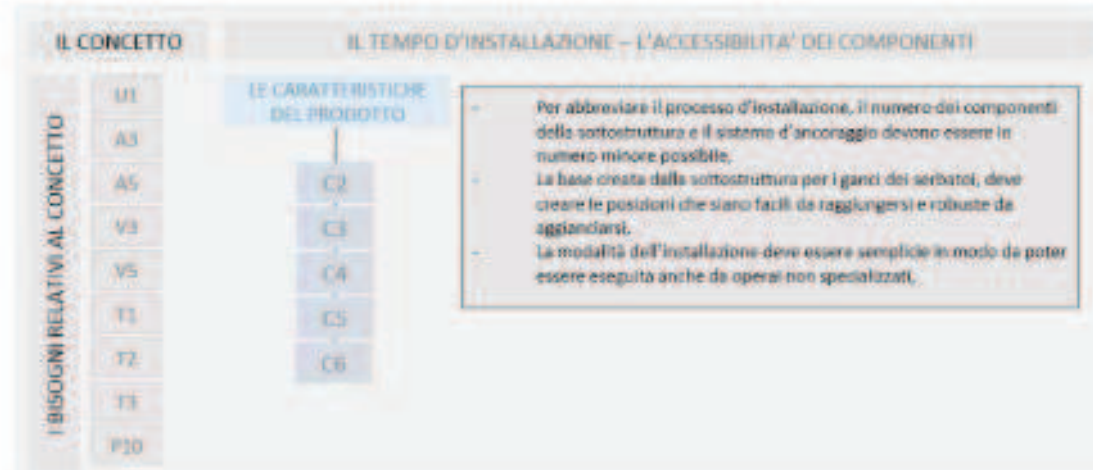
**FATTORI PROBLEMATICI:** PESO, PRESSIONE E GIUNTI

Per definire la forma finale e la modalità di funzionamento migliore dobbiamo interpretare questi dati come è stato fatto nel capitolo precedente <sup>8</sup>. A questo punto divideremo il concetto nelle stesse categorie presentate nel paragrafo relativo nel 7° capitolo:

- Il breve tempo d'installazione e l'accessibilità dei componenti
- La manutenzione, durabilità e gli effetti collaterali
- La compatibilità con altri sistemi della facciata e i costi

Fig.20

Strarre delle caratteristiche definite dei componenti della sottostruttura e sistema d'ancoraggio relativi al tempo d'installazione e l'accessibilità dei componenti



<sup>7</sup> Vedi: i paragrafi 6.4 e 6.5 del presente lavoro, pp. 158 - 171

<sup>8</sup> Vedi: il paragrafo 7.4 del presente lavoro, p. 186

## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

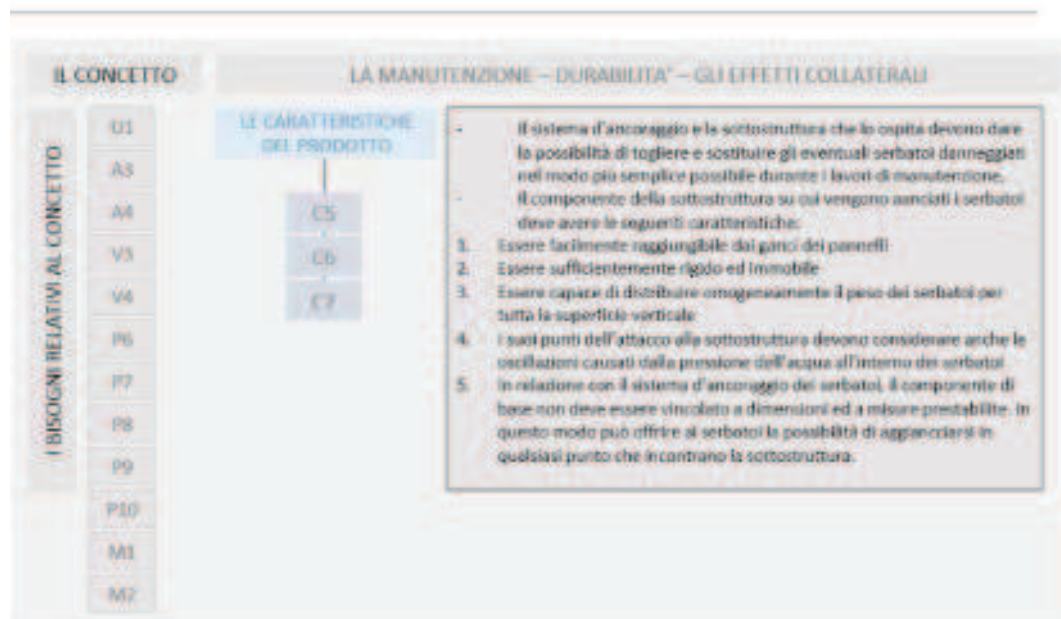


Fig.21  
Strarre delle caratteristiche definiti dei componenti della sottostruttura e sistema d'ancoraggio relativi alla manutenzione, durabilità e gli effetti collaterali

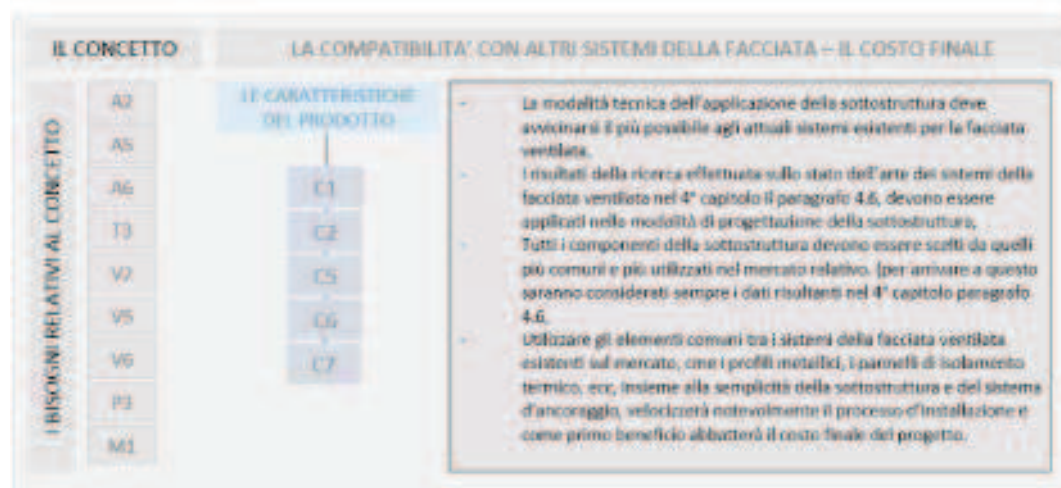


Fig.22  
Strarre delle caratteristiche definiti dei componenti della sottostruttura e sistema d'ancoraggio relativi alla compatibilità con altri sistemi della facciata e il costo finale

Grazie alle interpretazioni dei bisogni degli utenti appena dimostrati (le Fig. 20, 21 e 22), possiamo definire i componenti del sistema della sottostruttura e di ancoraggio. Nel 4° capitolo, quello relativo alle analisi sulle tipologie delle facciate edilizie, abbiamo analizzato i componenti e le metodologie d'installazione delle facciate ventilate confrontando i vari sistemi creati dai diversi produttori del settore. I risultati ottenuti da quell'analisi ci hanno chiarito i fattori necessari per avere la maggior compatibilità tra la nostra sottostruttura e quelle attualmente e maggiormente in uso.

Per avere le idee più chiare ricapitoliamo quei risultati tramite la Fig. 23:



## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Fig.23  
Risultati ottenuti dagli  
analisi svolti sui 37  
sistemi delle facciate  
modulari/ventilate  
prodotti dalle 17  
aziende attive nel  
settore relativo (il  
paragrafo 4.4 del  
capitolo 4)

Uso dello staffe di metallo per collegamento di sottostruttura d'ancoraggio e struttura portante dell'edificio			Uso dei profilati di metallo come i montanti sulla parete esterno dell'edificio		Uso dei profilati di metallo come i traversi sulla parete esterno dell'edificio	
97%			50%		40%	
Aggancatura	Incastro	Fissaggio meccanico	Agganciamento	Incollatura	Saldatura	
12%	15%	40%	30%	3%	0%	
Creare camera d'aria						
100%						
Isolamento termico						
97%						

Basandosi su questi risultati, l'uso dei profilati metallici a forma di "T" e "L" come montanti, ci permette di arrivare fino al 90% di compatibilità con gli attuali sistemi per quanto riguarda i componenti posizionati sull'asse verticale. D'altra parte, con l'aggiunta dello spazio per la camera d'aria che prevede anche l'installazione dei pannelli termoisolanti, possiamo comprendere altri due elementi necessari per un sistema completo della facciata ventilata, nella stessa modalità utilizzata da circa il 100% degli attuali sistemi del settore. Perciò fino a questo punto possiamo dire che avremo la totale compatibilità sui componenti verticali della sottostruttura, la camera d'aria e l'elemento termoisolante.

Invece sull'asse orizzontale delle sottostrutture analizzate abbiamo visto che esistono varie soluzioni utilizzate al posto dei traversi. Questo perché questi elementi creano la base ospitante del sistema d'ancoraggio dei componenti finali di un sistema della facciata ventilata. Questa variazione è in sintonia con la natura morfologica dei componenti finali. Ecco il motivo per cui solamente il 40% dei sistemi analizzati usa i profilati metallici come i traversi sulla linea orizzontale della facciata. Perciò la tipologia dell'elemento che deve ospitare i nostri pannelli deve essere studiata in perfetta sintonia con il nostro sistema d'ancoraggio.

Riguardo al sistema d'ancoraggio, per i motivi sottocitati e per le considerazioni dei risultati relativi ai sistemi attuali, abbiamo scelto il metodo dell'agganciamento in modalità scorrevole<sup>9</sup>:

- Circa di un terzo degli attuali sistemi d'ancoraggio nei sistemi della facciata ventilata sul mercato, usa questo metodo,
- In confronto al metodo di fissaggio meccanico, l'agganciamento necessita di un numero inferiore di componenti (come viteria, bulloneria, ecc.),
- Il metodo d'agganciamento richiede un tempo d'installazione inferiore rispetto al fissaggio meccanico, perciò aumenta la velocità del processo,
- È meno rigido rispetto al fissaggio meccanico, perciò sarà più flessibile nella gestione delle vibrazioni causati dall'oscillazione dell'acqua nei serbatoi,
- I ganci scorrevoli ci permettono di superare i limiti causati dalla modalità di posizionamento nel momento di agganciarsi ad elemento ospitante sulla sottostruttura. In altre parole sono liberi di regolarsi finché trovano il punto giusto della sottostruttura su cui agganciarsi.

<sup>9</sup>Per seguire sempre il obiettivo di massimizzazione la compatibilità con gli attuali sistemi, abbiamo considerato solamente i due metodi più utilizzati nel mercato, ovvero il fissaggio meccanico (nel 40% dei casi) e l'agganciamento (nel 30% dei casi).



8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura:

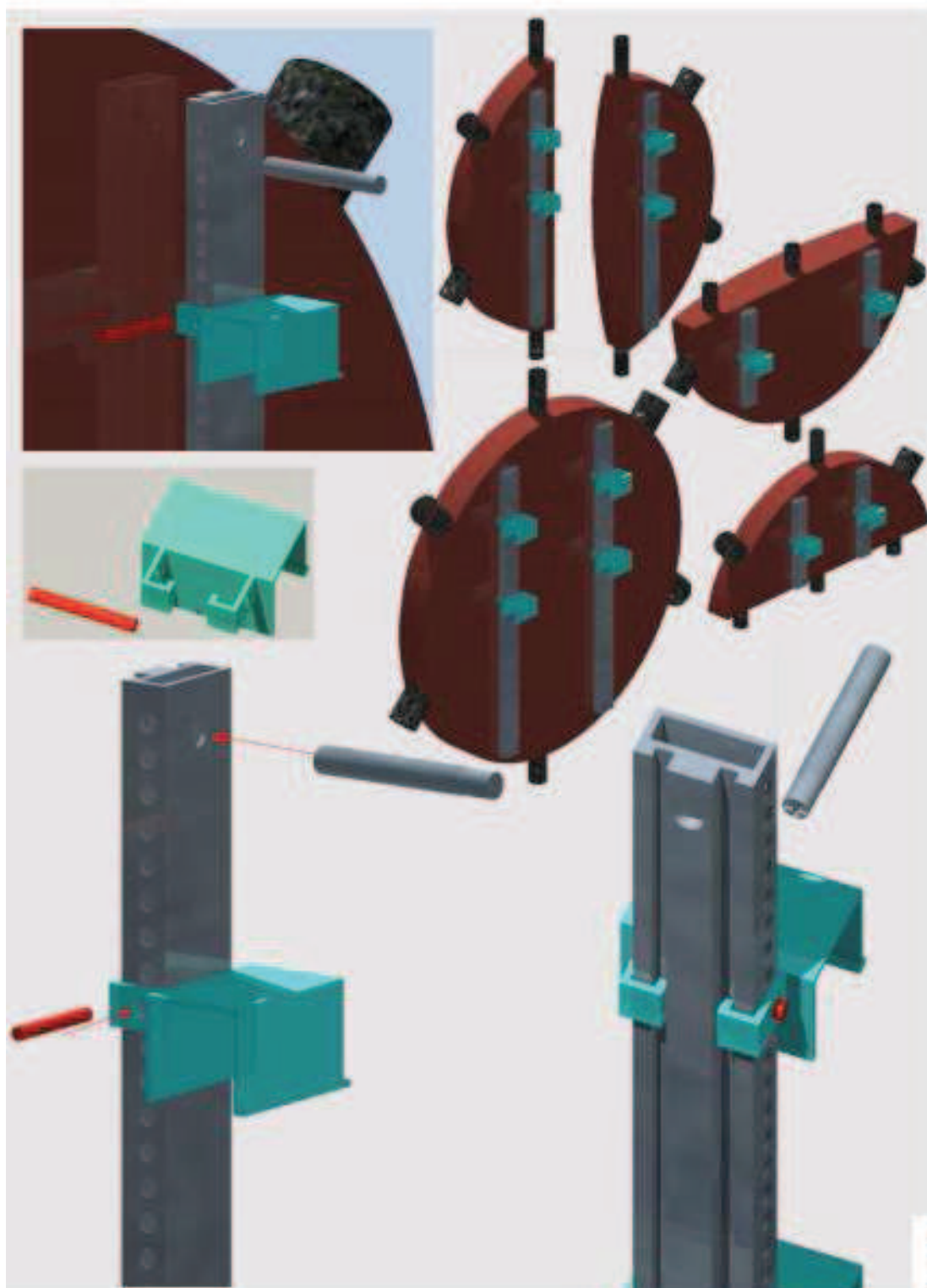
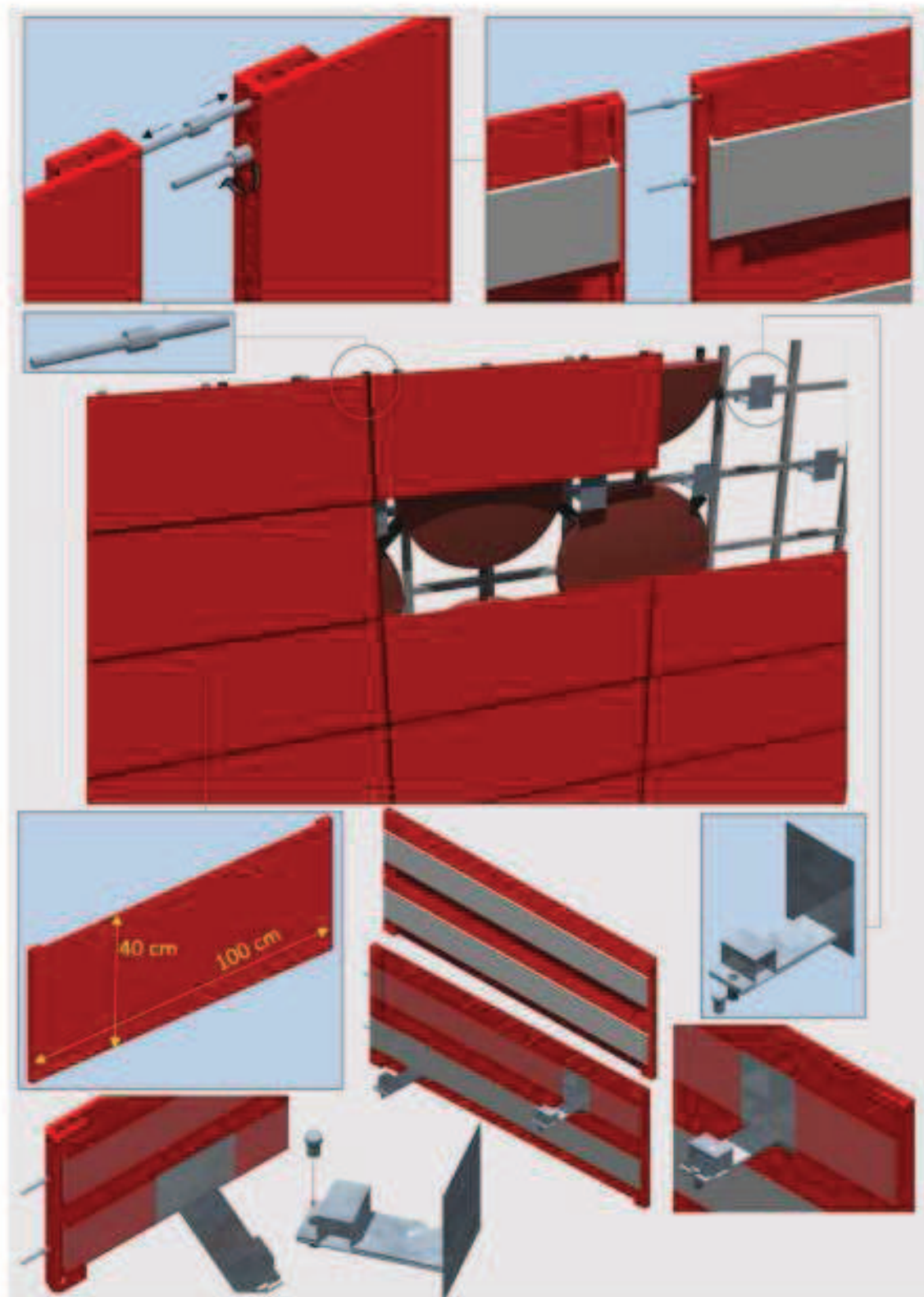


Fig. 24  
La modalità scelta per il sistema d'ancoraggio: l'agganciamento scorrevole (sistema comune sia per i serbatoi a scomparsa che i serbatoi a vista)

## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Fig.25  
Le viste in 3D dei componenti finali/pannelli di rivestimento e loro componenti d'ancoraggio (solo per la modalità con i serbatoi a scomparsa)



A questo punto e sulla base della modalità scelta per il sistema d'ancoraggio, possiamo procedere con la definizione dell'ultimo componente della sottostruttura che deve ospitare i componenti finali del sistema, gli stessi che devono essere agganciati.



## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Per i seguenti motivi abbiamo scelto una rete a griglia d'acciaio che appoggiandosi sulla struttura verticale già posizionata sui montanti, crea la giusta base per ospitare i componenti finali della facciata, ovvero i serbatoi:

- Avere un corpo unico tra i componenti finali e la sottostruttura per omogenizzare la distribuzione del peso dei pannelli per tutta la facciata,
- Gestire meglio le vibrazioni causate dall'oscillazione dell'acqua nei serbatoi,
- La linea orizzontale di questa rete permette di avere sempre un punto d'ancoraggio per i nostri serbatoi,
- Avere una griglia installata sui profilati verticali della sottostruttura, ci permette di controllare un'eventuale convessità del volume creato sulla facciata a causa della forza dell'acqua che grava sui serbatoi. Questo è fattibile grazie alla saldatura dei punti d'appoggio tra la griglia d'acciaio e i profilati metallici verticali,
- La semplicità della griglia dal punto di vista morfologico, ci permette di abbassare il costo finale del sistema in confronto alle superfici traverse che hanno lo stesso ruolo in una buona parte degli altri sistemi della facciata ventilata (40% dei sistemi analizzati nel 4° capitolo).

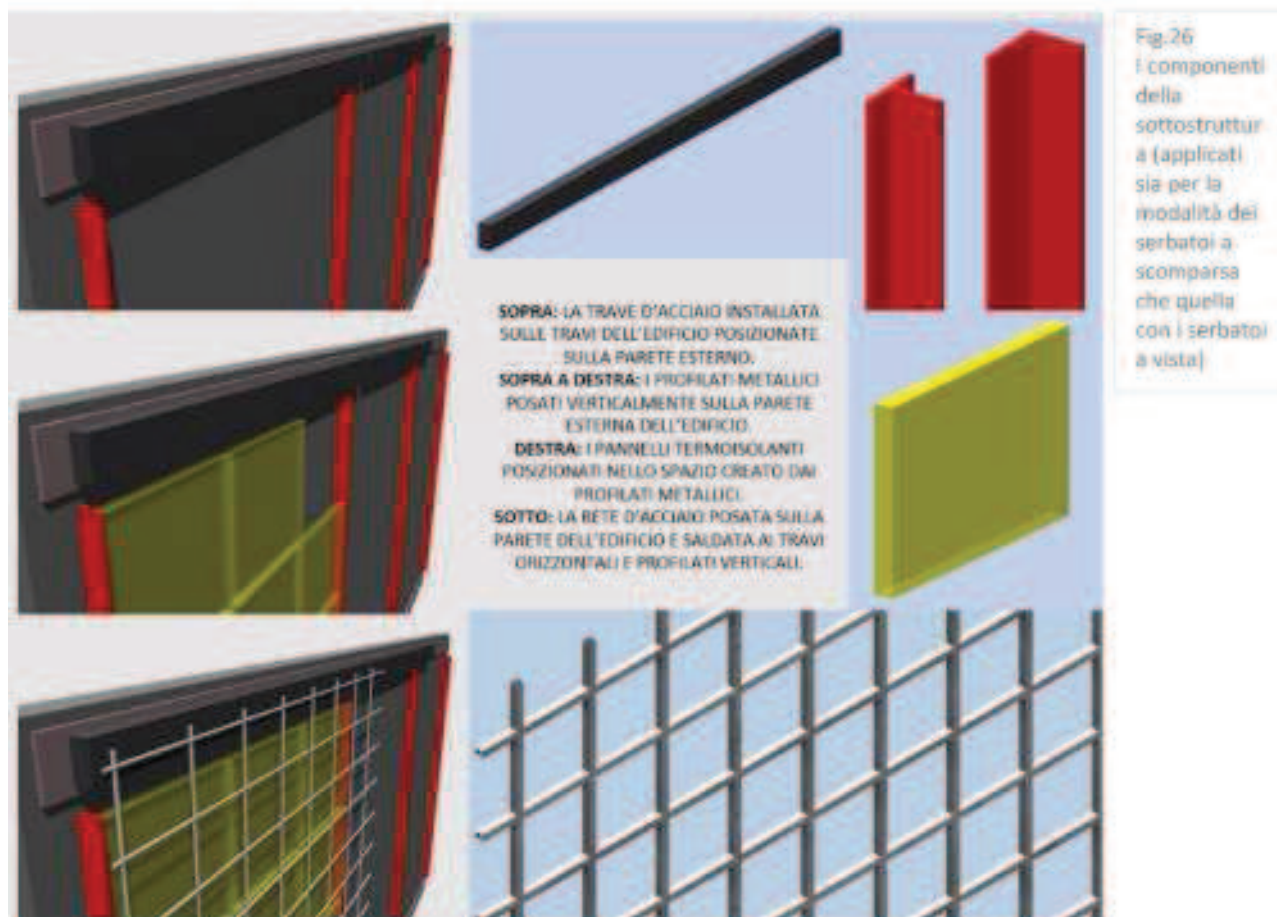
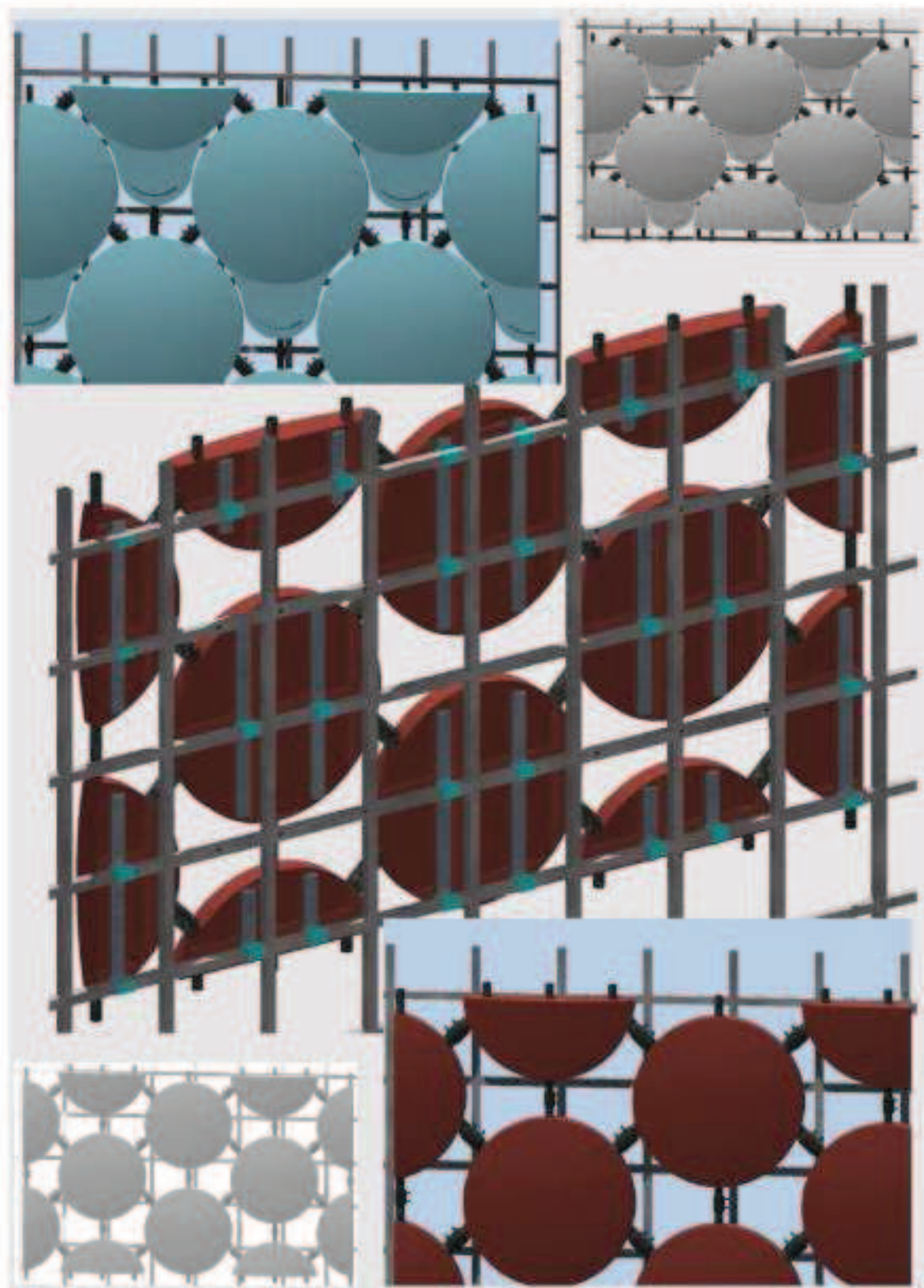


Fig.26  
I componenti della sottostruttura (applicati sia per la modalità dei serbatoi a scomparsa che quella con i serbatoi a vista)



## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Fig.27  
La modalità  
dell'agganciamento dei  
serbatoi alla griglia  
d'acciaio della  
sottostruttura del  
sistema (sia per la  
modalità con i serbatoi  
a scomparsa che quelli  
a vista)



8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura:

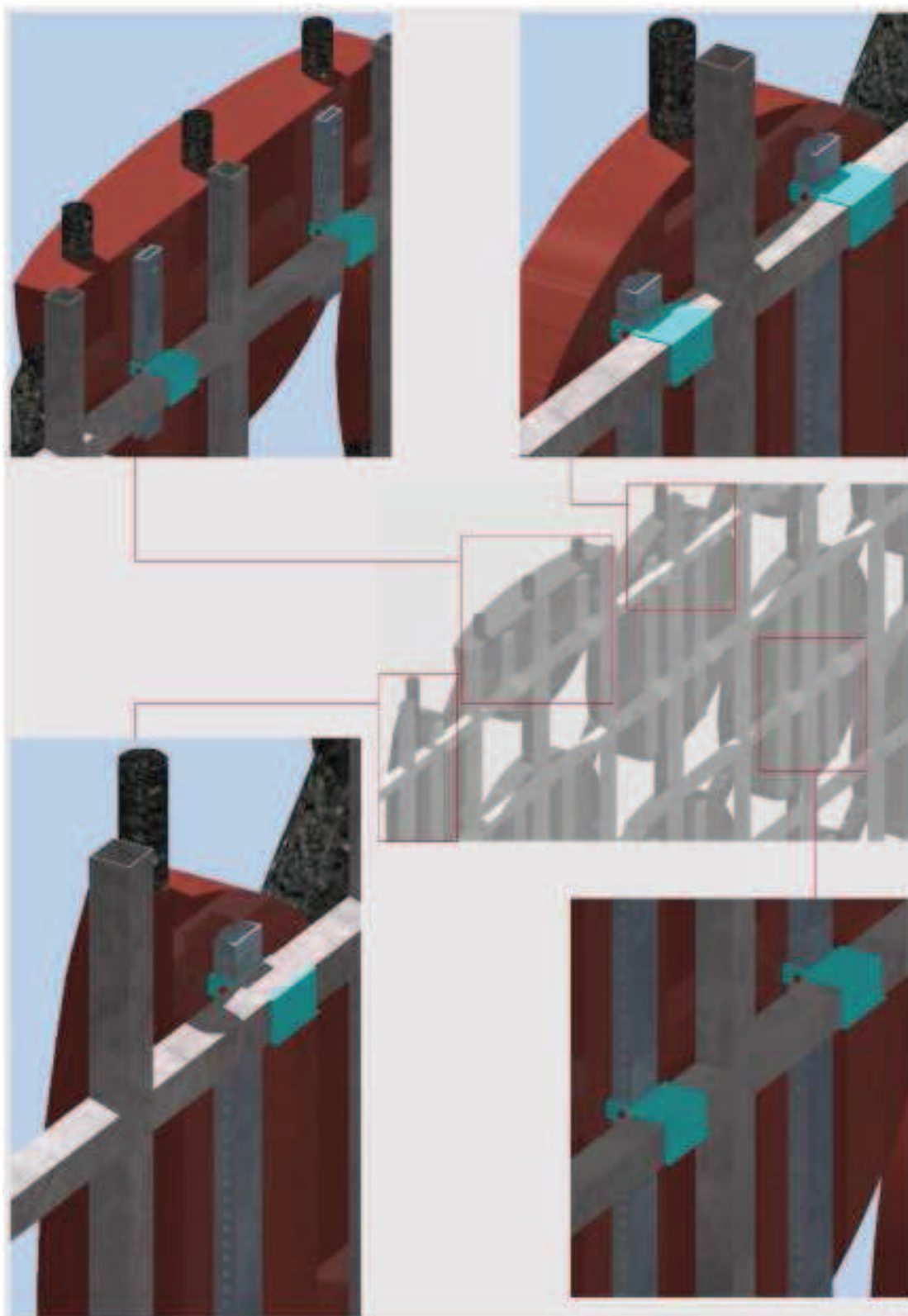
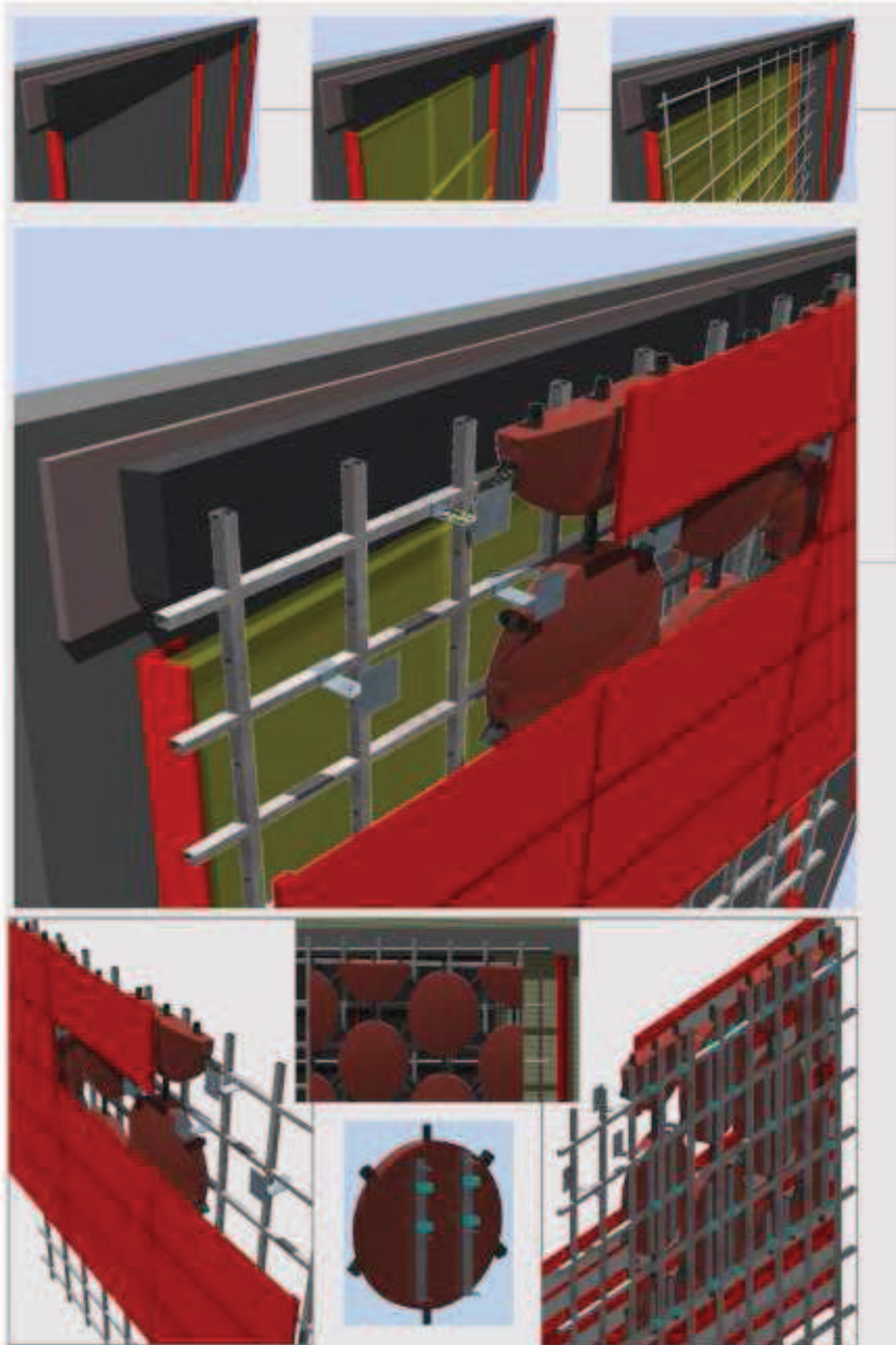


Fig.28  
La modalità dell'agganciamento dei serbatoi alla griglia d'acciaio della sottostruttura del sistema (sia per la modalità con i serbatoi a scomparsa che quelli a vista)



## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Fig.29  
Le viste in 3D dei componenti costituiti e il quadro complessivo del sistema della modalità con i serbatoi a scomparsa



A differenza di un normale sistema della facciata ventilata, i nostri serbatoi, oltre a dover essere installati sulla sottostruttura, devono anche essere collegati tra di loro per creare il nostro volume esteso sulla facciata edilizia. Ovviamente saranno



## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

le tubature dei serbatoi a svolgere questo collegamento. Anche se la prima cosa che viene in mente sarà collegare questi tubi inserendoli uno nell'altro, noi per un valido motivo abbiamo scelto un'altra modalità per realizzare questo collegamento. Nel caso d'inserimento delle tubature di ogni serbatoio in quelle inferiori o laterali, avremo un problema considerevole durante un'eventuale operazione di manutenzione. In altre parole in questa maniera ogni singolo serbatoio rimarrà incastrato tra quelli intorno e nel caso di sostituzione bisognerebbe danneggiare anche gli altri. Per questo motivo noi abbiamo scelto l'uso dei "raccordi elettrosaldabili" ed in particolare il "manicotto elettrosaldabile" per effettuare il collegamento tra le tubature delle entrate e le uscite dei nostri serbatoi. In questo modo i due tubi che devono collegarsi, vengono posizionati in modo tangente tra di loro e dopo aver inserito il raccordo intorno al punto d'incontro, il manicotto verrà saldato. Grazie alla saldatura il raccordo si stringe intorno ai tubi e chiude perfettamente la distanza tra di loro collegandoli. La Fig. 30 illustra questa modalità di collegamento:



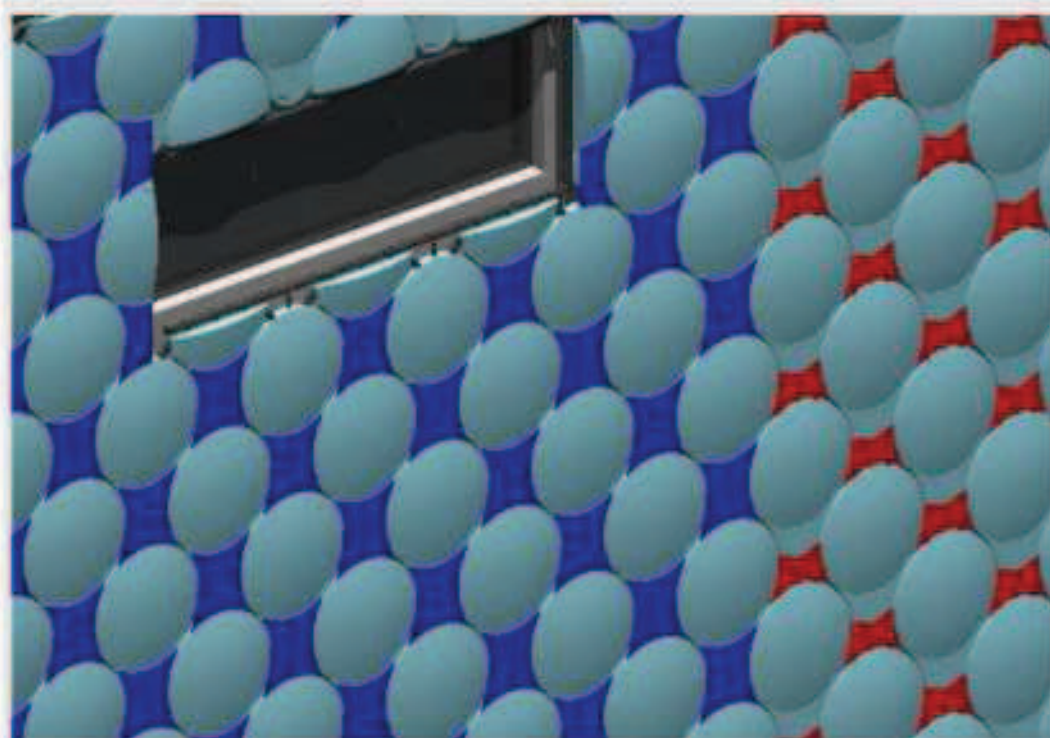
Fig. 30  
La dimostrazione della modalità di collegamento tra le tubature dei serbatoi del sistema tramite i raccordi/manicotti "Elettrosaldabili" (sia per i serbatoi a scomparsa che quelli a vista)



## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Per coprire gli spazi rimanenti tra i serbatoi a causa delle tubature, per la soluzione con i serbatoi a vista, abbiamo creato i nostri elementi specifici di rifinitura, ovvero i pressopiegati, utilizzati da una buona parte degli attuali sistemi della facciata ventilata. Con questi elementi, non solo copriamo queste distanze indispensabili e nascondiamo le tubature, ma li usiamo come soluzioni per chiudere gli spazi intorno alle finestre, porte e gli angoli perimetrali della facciata edilizia. Ovviamente la scelta di questa soluzione è basata sulle analisi precedentemente effettuate sui sistemi esistenti della facciata ventilata<sup>30</sup>: (ovviamente per la soluzione con i serbatoi a scomparsa questi elementi non servono e le tubature assieme ai serbatoi stessi verranno coperti alla vista con i pannelli estetici, ovvero i componenti finali.)





Fig.31  
La modalità di coprire le distanze tra i serbatoi della facciata causate dalle tubature di collegamento per i serbatoi a vista, la soluzione è basata sui risultati ottenuti dagli analisi effettuati nel capitolo 4 relative alle modalità di rifinitura ,maggiormente utilizzate, nei attuali sistemi delle facciate modulari/ventilate



GLI ELEMENTI DI RIFINITURA (I PRESSOPIEGATI) PER COPRIRE LE TUBATURE E I GIUNTI DEL SISTEMA.

LA DECISIONE DELL'USO DI QUESTI ELEMENTI È DERIVATA DAI RISULTATI DEGLI ANALISI EFFETTUATI SULLO STATO ATTUALE DELLE SOLUZIONI UTILIZZATE PER GESTIRE I PARTICOLARI NEI SISTEMI DELLE FACCIATE VENTILATE COME GLI ANGOLI, AVANZALI DELLE FINESTRE, ECC. (capitolo 4 il paragrafo 4.5)

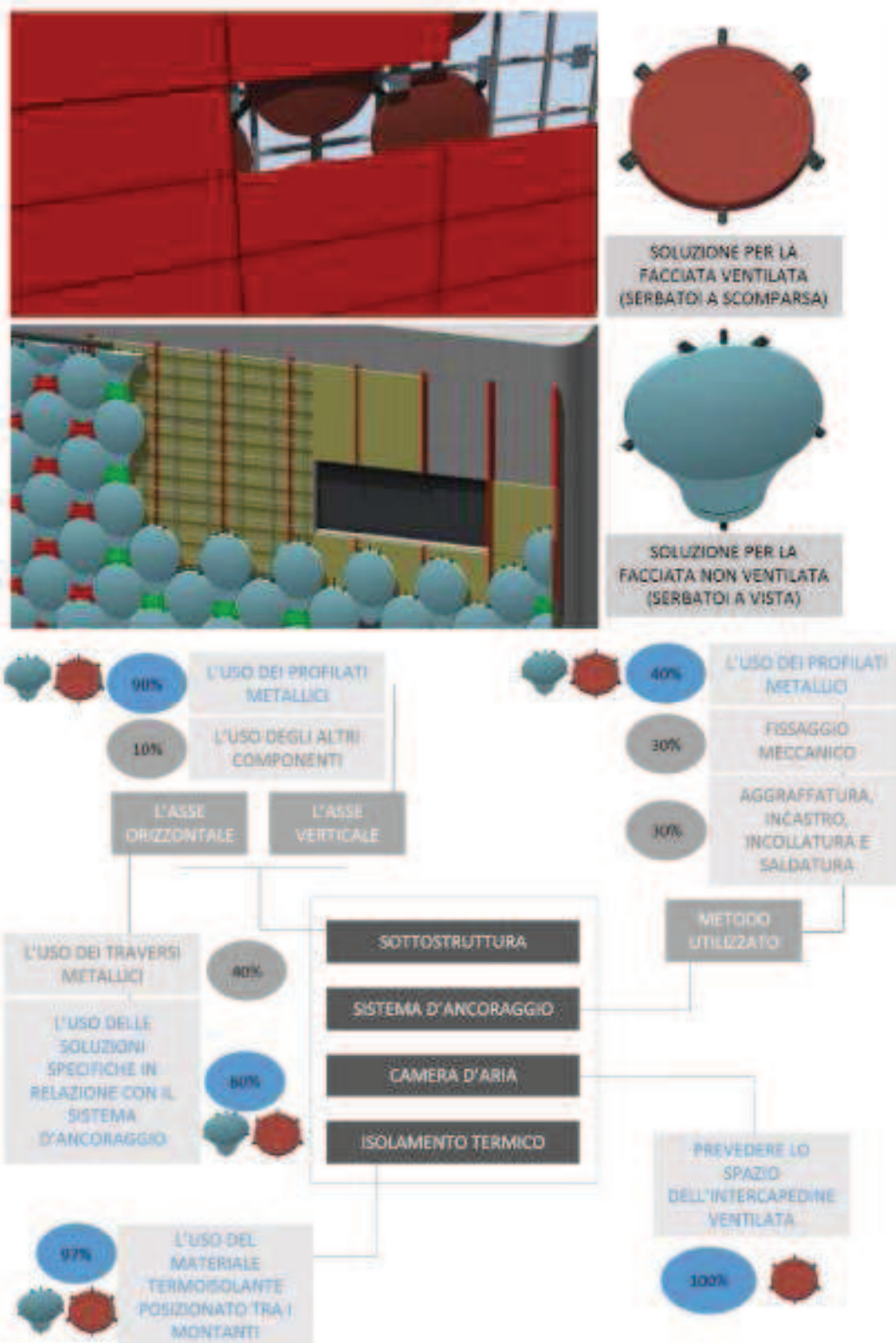


	L'USO DEL TECNICO DI TAGLIO DI 45°	33%
	L'USO DEL TECNICO DELL'APPANCAMENTO BLOCCATO CON LA TIGA ARCHITETTONICA	29%
	L'USO DEL COMPONENTE CREATO SPECIFICAMENTE DALL'AZIENDA PRODUTTORE DEL SISTEMA	13%
	L'USO DEGLI ELEMENTI DI RIFINITURA CREATI SPECIFICAMENTE DALL'AZIENDA PRODUTTORE DEL SISTEMA	25%

<sup>30</sup> Vedi: il paragrafo 4.5 del presente lavoro, p. 92

## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

A questo punto e dopo aver dimostrato la tecnologia scelta per la sottostruttura e il sistema d'ancoraggio, possiamo valutare lo stato della compatibilità del nostro sistema in confronto agli attuali sistemi esistenti della facciata ventilata. Per questo ci basiamo sempre sui risultati delle relative analisi nel 4° capitolo. La Fig. 30, dimostra il livello di questa compatibilità: (la compatibilità viene verificata sia per la soluzione con i serbatoi a vista che quella con i serbatoi a scomparsa)





## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

Successivamente la Fig. 31, ci mostra sempre questo livello ma tramite un risultato numerico:

Fig.33  
La dimostrazione numerica del livello di compatibilità del nostro sistema con quelli attualmente in uso (basata sugli analisi effettuati nel capitolo 4)

LE 5 PARTI DELLA SOTTOSTRUTTURA E IL SISTEMA D'ANCORAGGIO NEI SISTEMI DELLA FACCIATA VENTILATA, ANALIZZATI NEL 4° CAPITOLO (IL 100% RAPPRESENTA LA TOTALE COMPATIBILITÀ TECNOLOGICA)				
I COMPONENTI PER L'ASSE VERTICALE DELLA SOTTOSTRUTTURA	I COMPONENTI PER L'ASSE ORIZZONTALE DELLA SOTTOSTRUTTURA	LA PRESENZA DELLA CAMERA D'ARIA	L'USO DEL MATERIALE TERMOSOLANTE	MODALITÀ DEL SISTEMA D'ANCORAGGIO
20%	20%	20%	20%	20%

LA TOTALE COMPATIBILITÀ: 75,4%				
90% DEL 20% = 18%	60% DEL 20% = 12%	100% DEL 20% = 20%	97% DEL 20% = 19,4%	20% DEL 20% = 4%
I COMPONENTI PER L'ASSE VERTICALE DELLA SOTTOSTRUTTURA	I COMPONENTI PER L'ASSE ORIZZONTALE DELLA SOTTOSTRUTTURA	LA PRESENZA DELLA CAMERA D'ARIA	L'USO DEL MATERIALE TERMOSOLANTE	MODALITÀ DEL SISTEMA D'ANCORAGGIO
RISULTATI OTTENUTI DAL CONFRONTO DI NOSTRO SISTEMA CON QUELLI ESISTENTI ED ANALIZZATI (SOLUZIONE CON I SERBATOI A SCOMPARSA)				

LA TOTALE COMPATIBILITÀ: 55,4%				
90% DEL 20% = 18%	60% DEL 20% = 12%	0% DEL 20% = 0%	97% DEL 20% = 19,4%	30% DEL 20% = 6%
I COMPONENTI PER L'ASSE VERTICALE DELLA SOTTOSTRUTTURA	I COMPONENTI PER L'ASSE ORIZZONTALE DELLA SOTTOSTRUTTURA	LA PRESENZA DELLA CAMERA D'ARIA	L'USO DEL MATERIALE TERMOSOLANTE	MODALITÀ DEL SISTEMA D'ANCORAGGIO
RISULTATI OTTENUTI DAL CONFRONTO DI NOSTRO SISTEMA CON QUELLI ESISTENTI ED ANALIZZATI (SOLUZIONE CON I SERBATOI A VISTA)				

### 8.7 LA SCELTA DEL MATERIALE ADATTO PER LA REALIZZAZIONE DEI SERBATOI DEL SISTEMA

Dal paragrafo 6.4 del 6° capitolo, dove abbiamo discusso i bisogni degli utenti, possiamo ricavare le caratteristiche del materiale costruttivo dei componenti finali del sistema. Praticamente tutti i bisogni che richiedono semplicità d'installazione, durabilità del sistema, razionalità dei costi di produzione e manutenzione, e di non danneggiare la struttura dell'edificio, avranno a che fare anche con il materiale costruttivo dei serbatoi<sup>11</sup>. In altre parole per soddisfare tali bisogni le caratteristiche più importanti con cui valutare il materiale adatto che verrà scelto per produrre i nostri serbatoi, saranno: peso, resistenza agli agenti atmosferici, capacità di lavorazione, livello dell'assorbimento dell'acqua e il costo. D'altra parte, visto che questi serbatoi devono contenere l'acqua, la modalità di produzione deve garantirgli la capacità di contenere l'acqua senza eventuali perdite. È ovvio che per qualsiasi oggetto che debba contenere un liquido, i punti di saldatura potrebbero essere più soggetti a perdite. Per evitare questo abbiamo deciso di scegliere la modalità di "stampaggio ad iniezione" per la produzione dei serbatoi. Questa modalità ci permette di avere un corpo unico senza nessun punto di saldatura o incollatura, eliminando la probabilità di avere perdite di acqua. Inoltre la produzione di un unico corpo, rispetto all'aver diversi componenti prodotti separatamente per poi essere riuniti, semplifica il processo di produzione e quindi abbassa il costo finale del prodotto.

A questo punto possiamo definire le caratteristiche più richieste del materiale costruttivo dei nostri serbatoi del sistema:

1. alta resistenza agli agenti atmosferici,

<sup>11</sup> codice dei bisogni relativi: A1, A3, A4, A5, A7, T1, V1, V3, V4, V5, V7, P1, P4, P5, P7, P9, P10 e C2

2. semplicità di lavorazione durante la produzione con la modalità di stampaggio ad iniezione,
3. impermeabilità molto elevata,
4. il basso costo

I materiali Plastici sono i candidati migliori per questa faccenda. I nostri serbatoi, sia a vista che quelli a scomparsa, possono essere prodotti in questi materiali. Invece i pannelli estetici, che saranno i componenti finali per la soluzione con i serbatoi a scomparsa, possono essere prodotti in materiali metallici leggeri come Alluminio, Rame, Zinco, ecc. Alla fine degli studi sui vari materiali plastici che possono avere queste caratteristiche, abbiamo scelto il "Polietilene" come materiale costruttivo ideale per i nostri serbatoi. Il Polietilene è il materiale più utilizzato nel settore della produzione dei serbatoi della raccolta e stoccaggio dell'acqua meteorica.

## 8.8 SERBATOI IN POLIETILENE: LA MODALITA' DI STAMPAGGIO

Esistono varie modalità di stampaggio per i prodotti fatti di plastica. Dalle analisi svolte direttamente sul mercato e nel settore relativo, si è visto che quasi tutte le aziende produttrici di serbatoi a vista o a scomparsa per la raccolta dell'acqua piovana, usano il Polietilene come il materiale (sotto varie forme) e lo stampaggio ad "iniezione" o quello "rotazionale". Per questo abbiamo fatto una verifica sulle varie modalità di stampaggio della plastica per capire bene i motivi di questa scelta. Per avere un linguaggio più comprensibile il riassunto di questi analisi viene dimostrato sotto forma della seguente tabella<sup>12</sup>:

---

<sup>12</sup>Giorgio Bertacchi, 2002  
Saechtling, H, 1990  
Sergio Antolini Sarvi, 1997







## 8.9 LA MODALITA' DEL FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA

Fino a questo punto e nelle diverse occasioni è stato spiegato, in maniera generale, la modalità del funzionamento di nostro sistema. Nel capitolo 3 abbiamo chiarito in che modo si possano alleggerire le portate destinate alla rete fognaria della zona, rallentando il deflusso dell'acqua meteorica proveniente dalle coperture dei fabbricati. E abbiamo anche visto che questo processo di rallentamento del deflusso può realizzarsi sulle facciate degli stessi fabbricati tramite un sistema modificato della facciata ventilata<sup>13</sup>. Più avanti, nel 7° capitolo, è stato presentato il Layout del sistema<sup>14</sup> che spiega le varie fasi del processo effettuato dal nostro sistema per trattenere questo deflusso e condurlo, in modo controllato, verso la sua destinazione finale. Abbiamo anche precisato che questa destinazione finale potrebbe essere, o la rete fognaria o un luogo per l'immagazzinamento dell'acqua raccolta nel caso di un eventuale riciclaggio. Detto ciò la Fig. 35, in linguaggio grafico spiega la modalità definitiva di questo funzionamento:

---

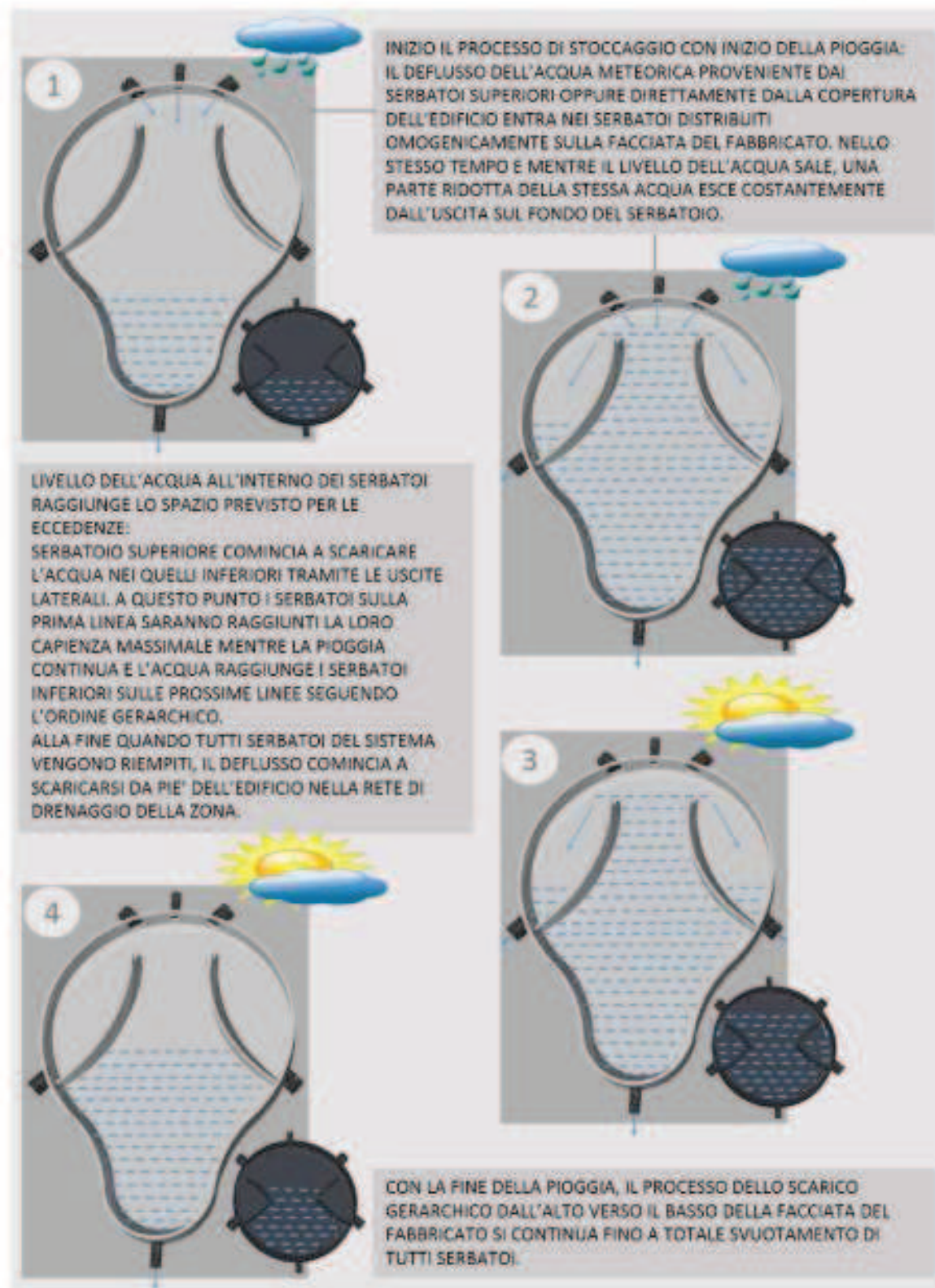
<sup>13</sup>Vedi: i paragrafi 3.3 e 3.4 del presente lavoro, pp. 48 - 53

<sup>14</sup>Vedi: il paragrafo 7.3 la Fig.04 del presente lavoro, p. 185

## 8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura

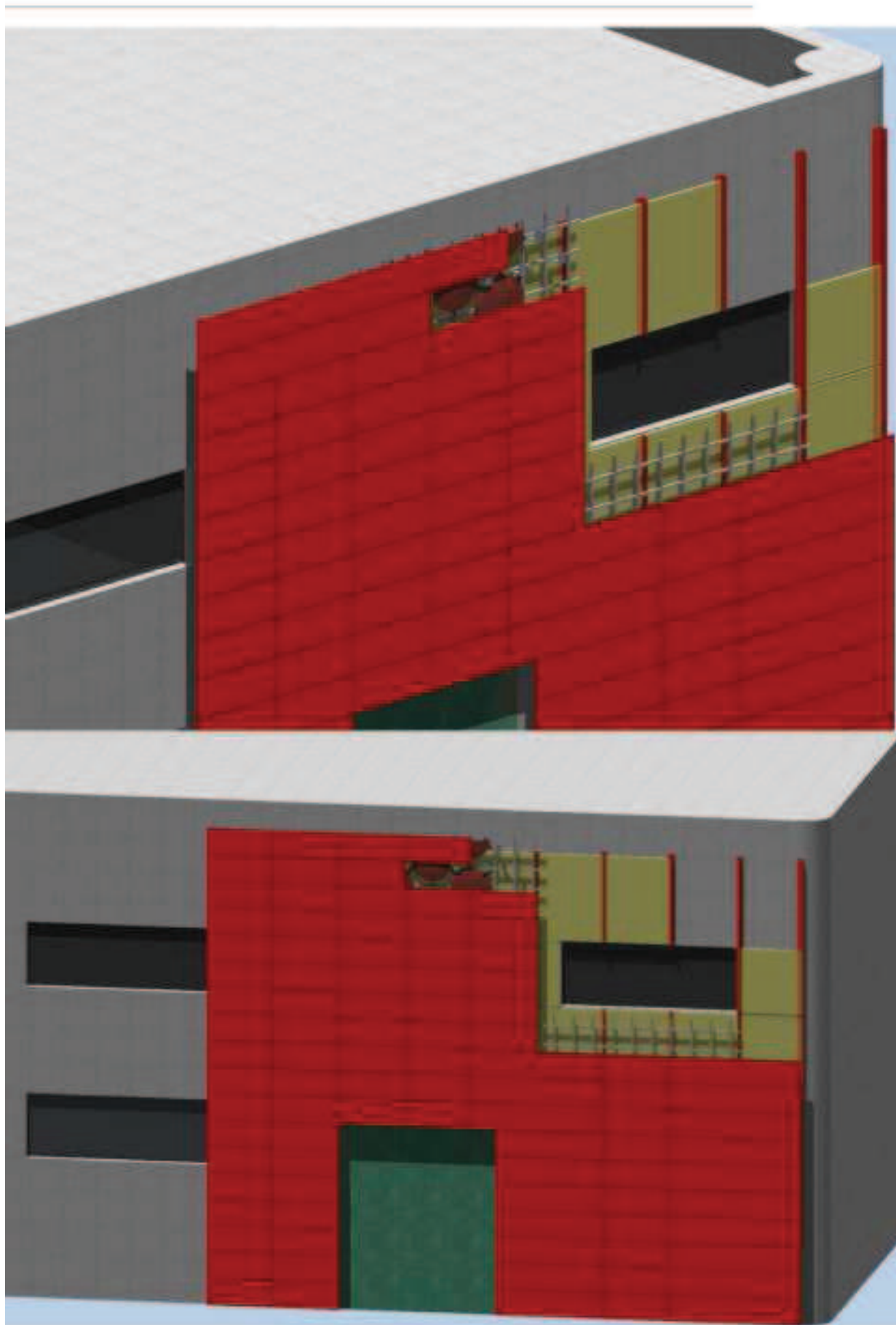
Fig.35

L'andamento del ciclo di rallentamento dell' deflusso dell'acqua meteorica nei serbatoi del sistema (sia per i serbatoi a scomparsa che quelli a vista)



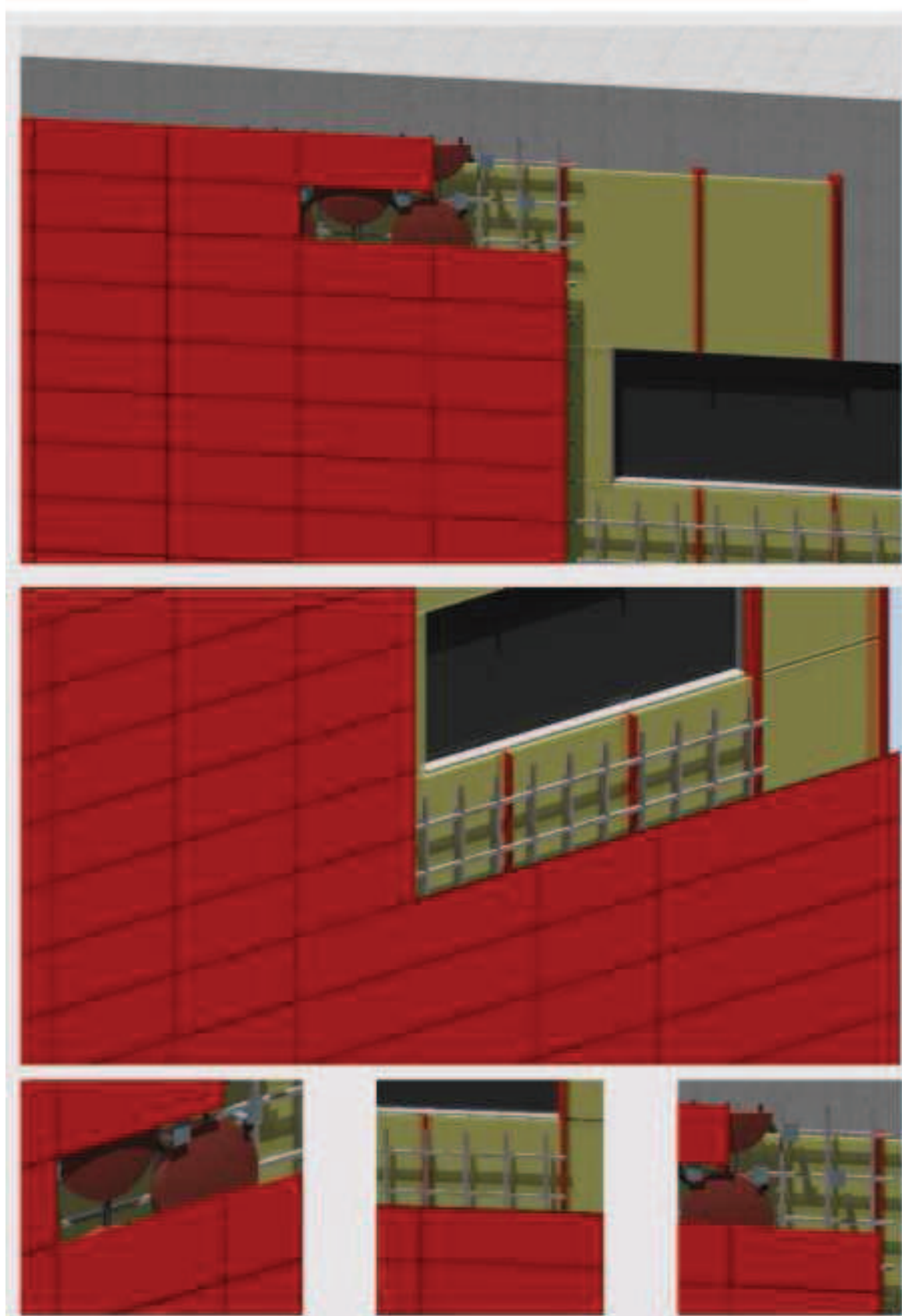
### 8.10 LE IMMAGINI FINALI DAL EFFETTO ESTETICO DELLE ENTRAMBI SOLUZIONI DELLA FACCIATA DRENANTE

8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura:

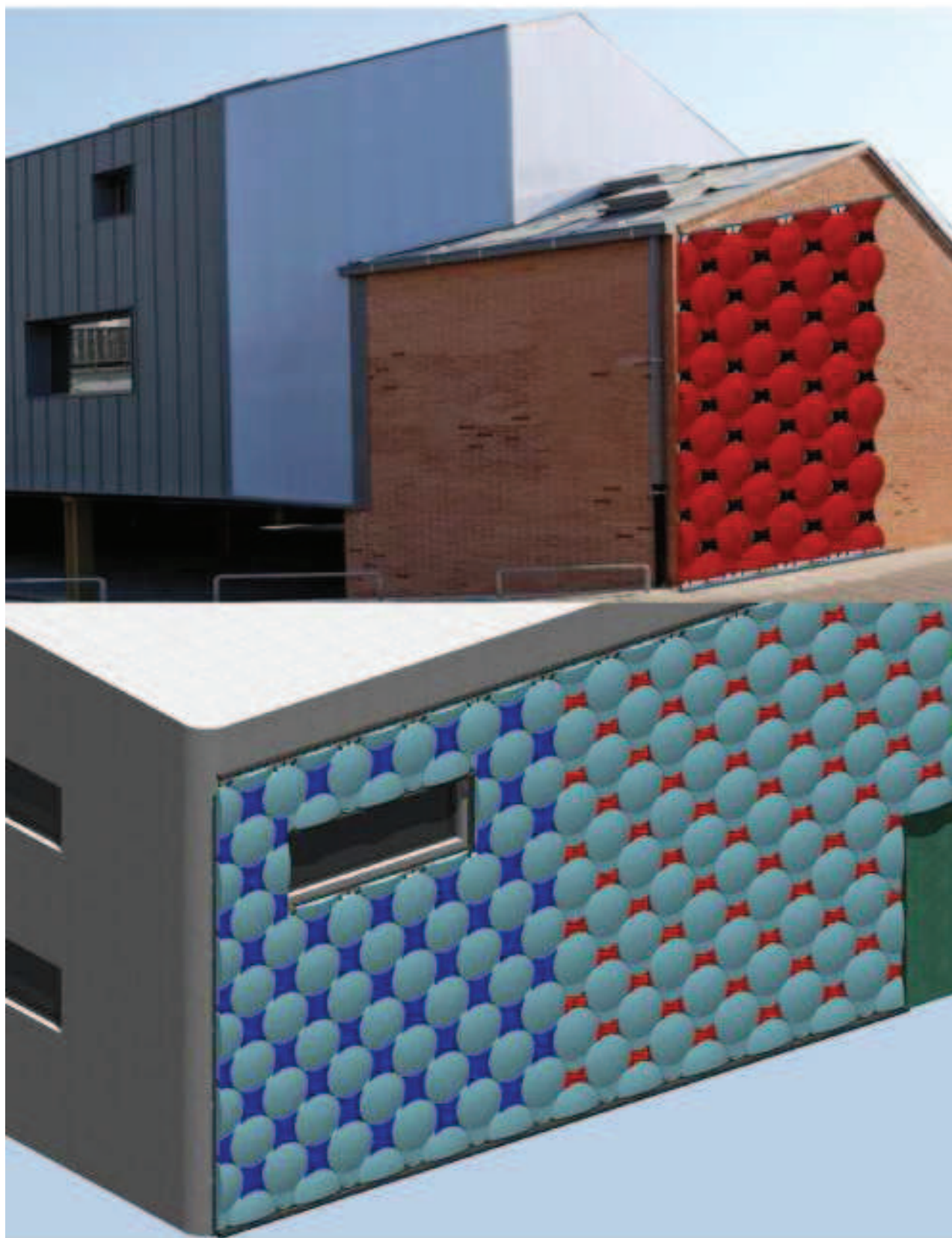




8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura:

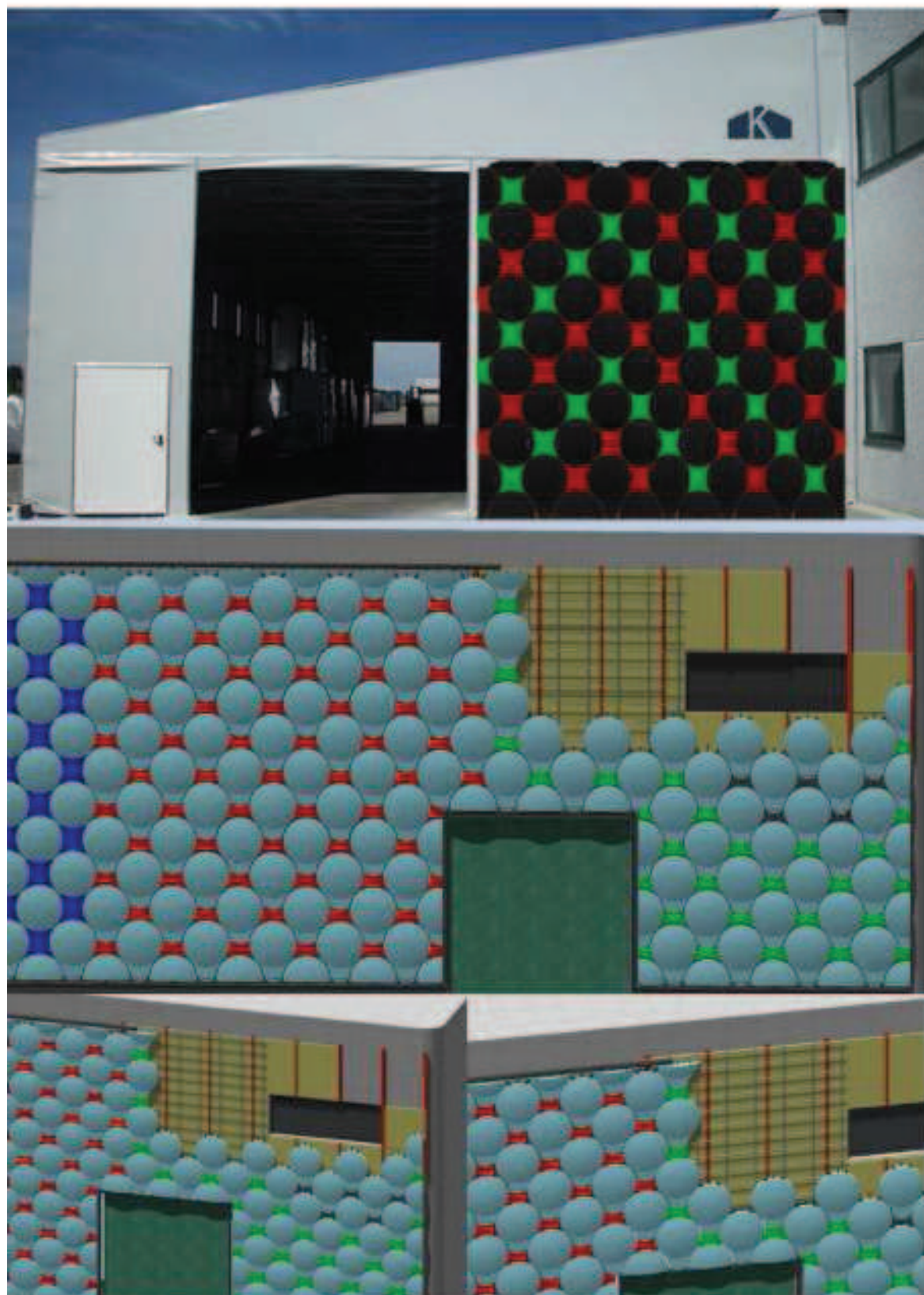


8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura



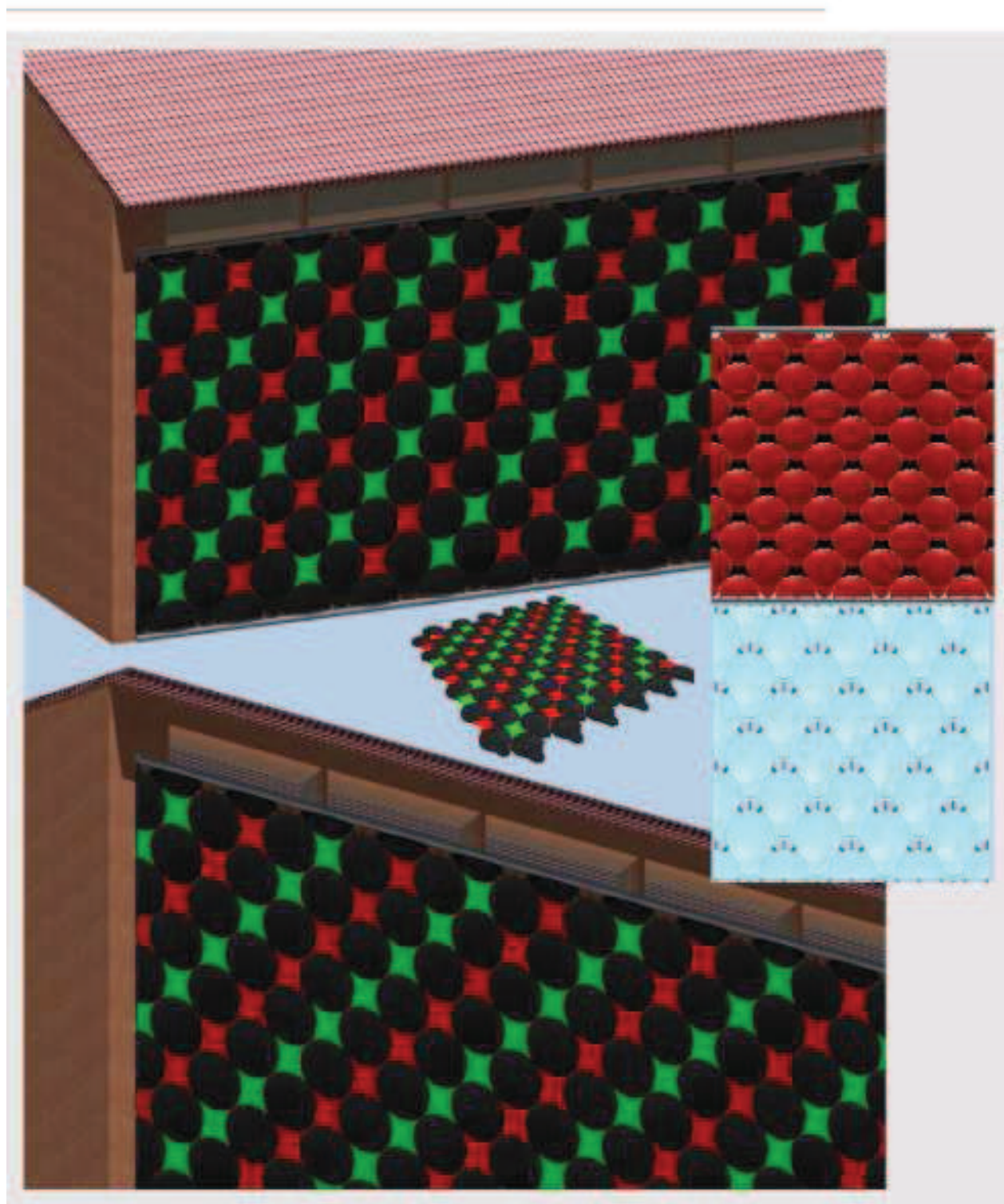


8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura





8. Presentazione del progetto definitivo: i componenti finali, il sistema d'ancoraggio e la sottostruttura:



**8.11 LA CONCLUSIONE DEL CAPITOLO (vantaggi e svantaggi del sistema risultante da questo progetto )**

Il sistema risultante da questo progetto di ricerca è definito come un sistema innovativo sotto la categoria della tecnologia delle facciate modulari/ventilate. Abbiamo cercato di aggiungere un'altra funzione agli attuali sistemi in questo settore con l'obiettivo di far partecipare gli edifici al processo dello smaltimento



delle acque reflue nei contesti urbani o industriali. In altre parole visto che una buona parte del deflusso dell'acqua meteorica destinata alle reti di drenaggio proviene dalle coperture degli edifici, si è cercato di cambiare il ruolo dei fabbricati da una parte del problema ad una parte della soluzione.

L'idea di trattenere l'acqua meteorica sulla facciata edilizia, invece di scaricarla subito nella rete fognaria, nonostante i suoi benefici non poteva essere conveniente se si voleva creare un sistema apposito solamente per questo obiettivo. Perciò dovevamo puntare sui sistemi già esistenti per le facciate edilizie che avessero la potenzialità di accettare le modifiche necessarie per adattarsi ad un processo del genere.

A questo punto è stata fatta un'analisi dettagliata sui sistemi integrali della facciata<sup>15</sup>. Dopo aver visto che il sistema della facciata ventilata risulta idoneo per soddisfare le esigenze di questo progetto di ricerca, siamo riusciti a darle anche un ruolo drenante mantenendo le sue funzioni principali. Questa strategia ci ha permesso di giustificare l'avanzamento della nostra progettazione seguendo l'idea iniziale della ricerca. Ciò vuol dire che coloro che abbiano già deciso di installare un sistema della facciata ventilata sui loro fabbricati, saranno gli eventuali richiedenti di questa nuova versione di queste facciate capaci anche di drenare l'acqua meteorica del proprio edificio.

A parte il ruolo positivo che il sistema progettato da questa ricerca può assumere nel processo di drenaggio urbano, rallentando il deflusso dell'acqua meteorica, con un cambio di destinazione di questo deflusso il sistema ci dà anche la possibilità di riciclare quest'acqua e utilizzarla per lo stesso fabbricato oppure per altre esigenze del proprio contesto. Ma ovviamente come tutti i sistemi innovativi, anche il sistema risultante da questo progetto di ricerca avrà degli svantaggi e i punti critici devono essere chiariti. Tra gli svantaggi di questo sistema, possiamo sottolineare le due questioni più limitanti:

- essere vincolato, esteticamente, dalle forme definitive dei pannelli che sono stati progettati sulla base delle esigenze progettuali e non possono subire dei cambiamenti di natura geometrica. Ma è anche vero che per far sentire di meno questo vincolo si può cambiare liberamente il colore dei pannelli o addirittura dargli delle varie tessiture nella fase di stampaggio durante la produzione. D'altra parte basandosi sul panorama contemporaneo dello stato estetico dei sistemi della facciata ventilata realizzati negli ultimi 20 anni<sup>16</sup>, l'uso di diversi colori nella stessa facciata non è una scelta fuori dal comune.

- Oramai lo sappiamo che il rendimento del nostro sistema ha una relazione diretta con la grandezza del volume creato sulla facciata edilizia. Proprio per questo motivo le aperture sulla facciata come le porte e finestre si possono definire come un fattore importante che condiziona il rendimento. Questo vuol dire che una presenza maggiore di aperture è equivalente ad una riduzione del volume creato dal sistema e in conseguenza ad una diminuzione dell'acqua stoccata. Questo limite però si sentirebbe di meno nel caso dell'applicazione il sistema sui capannoni industriali che tipologicamente possiedono un numero inferiore di aperture rispetto agli edifici situati nelle zone urbane.

Nel prossimo ed ultimo capitolo di questa tesi, verranno dimostrati i risultati numerici e diagrammi ottenuti dal software Hec-Hms, ovvero il programma con cui abbiamo simulato il sistema sul capannone modello. Con quei risultati possiamo verificare la capacità effettiva del sistema della facciata progettato in questa ricerca.

---

<sup>15</sup> Vedi: il capitolo 4 del presente lavoro, dal pp. 61 - 108

<sup>16</sup> Vedi: il paragrafo 4.6 del presente lavoro, p. 97

# HEC-HMS

*The Hydrologic Engineering Center's  
Hydrologic Modeling System (HMS)*



**9** VALUTAZIONE FINALE DEI RISULTATI OTTENUTI DALLA  
SIMULAZIONE NUMERICA DEL SISTEMA



## 9. valutazione finale dei risultati ottenuti dalla simulazione numerica del sistema

---

## 9.1 LA SIMULAZIONE DEL SISTEMA: I COMPONENTI NECESSARI

Questo capitolo contiene i risultati della simulazione del sistema creato da questa ricerca sul capannone modello del progetto.<sup>1</sup> I risultati comprendono sia le tabelle che i diagrammi relativi al rendimento del sistema ottenuti dal software "Hec-Hms", scelto come programma simulatore.<sup>2</sup>

Visto che nel 3° capitolo sono già stati spiegate tutte le questioni relative all'idrologia nel nostro progetto, in questo capitolo andremo direttamente a dimostrare i risultati.<sup>3</sup> Ma prima di tutto, per chiarire la modalità della simulazione descriviamo velocemente i vari passi compiuti per completare il quadro generale del sistema nell'ambito del programma simulatore.

Il primo passo è stato definire il nostro sistema nell'ambito di questo programma. Praticamente in questa fase tutti i componenti necessari che definiscono l'andamento del sistema<sup>4</sup> devono essere identificati per il programma, dopodiché verranno inseriti i dati relativi ad ogni singolo componente. Tra i più importanti ci sono: la grandezza del bacino, la dimensione del volume creato dai serbatoi e gli elementi di collegamento tra di loro (le tubature), i valori reali e statistici delle precipitazioni, i coefficienti relativi con i valori standard, la portata limite e consentita dal Consorzio di Bonifica di Ferrara, ecc. Dopo tutto ciò, nell'ultima fase, abbiamo proceduto con la simulazione, la verifica e l'interpretazione dei risultati.

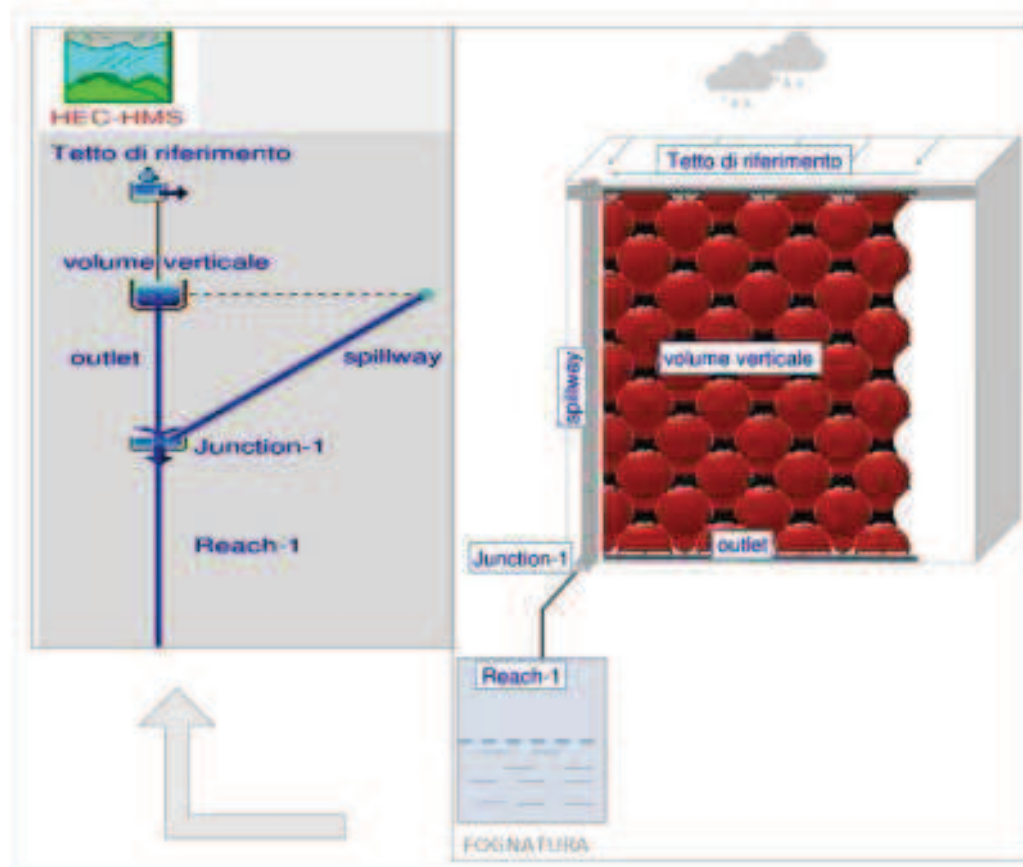


Fig.01  
La modalità dell'identificazione dei componenti partecipanti nell'andamento funzionale del sistema nel ambito del programma simulatore (Hec-Hms).

<sup>1</sup>Capannone modello si trova in zona industriale S.Giovanni famosa come "zona Sipro" a S.Giovanni di Ostellato. (paragrafo 5.1.3 del capitolo 3)

<sup>2</sup>Vedi: il paragrafo 5.3 del presente lavoro, p. 121

<sup>3</sup>Vedi: i paragrafi 5.5 e 5.6 del presente lavoro, pp. 124 - 149

<sup>4</sup>Vedi: il paragrafo 7.3, Fig. 4, del presente lavoro, p. 185

I dati della precipitazioni sono divisi in due categorie: i dati reali della pioggia relativi ad un anno solare (2012) e registrati nelle stazioni pluviometriche più vicine alla zona in cui si trova il nostro fabbricato modello. (S.Zagno e Marozzo). La seconda categoria invece, comprende i dati statistici della pioggia con tempi di ritorno di 2, 10, 20 e 50 anni.

### 9.2 I RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

I diagrammi presentati in questo paragrafo dimostrano i risultati ottenuti dal programma simulatore. Prima di presentarli però, è necessario portare alcuni chiarimenti riguardo alla capienza del volume creato dal sistema sulla facciata del capannone modello.

La somma totale delle superfici verticali, ovvero le facciate del capannone, è circa 670 mq di cui 450 mq possono essere coperti con il nostro sistema. Il resto della superficie è occupato dalle aperture che ovviamente non possono ospitare i serbatoi del sistema. Nel paragrafo 8.3 del capitolo 8 abbiamo visto che la capienza del volume creato dal sistema per ogni metro quadrato della superficie verticale è pari a 45.5 litri per la modalità con i serbatoi a vista e 46.5 litri/mq per la modalità con i serbatoi a scomparsa. Moltiplicarli ai 450 mq della superficie verticale disponibile, ci farà ottenere un volume leggermente superiore a 20 mc. Mentre la superficie di captazione, cioè la copertura del capannone, è pari a 600 mq.

Detto ciò, nei diagrammi che seguono, il valore di 20 mc costituisce il livello massimo di capienza del sistema. Questo volume copre la superficie verticale del capannone fino all'altezza di 5 metri. I diagrammi seguono l'ordine dei tempi di ritorno tenuti in considerazione.

L'ultimo diagramma invece presenta i risultati della simulazione in corrispondenza delle precipitazioni con il tempo reale avvenute nell'anno solare di riferimento.



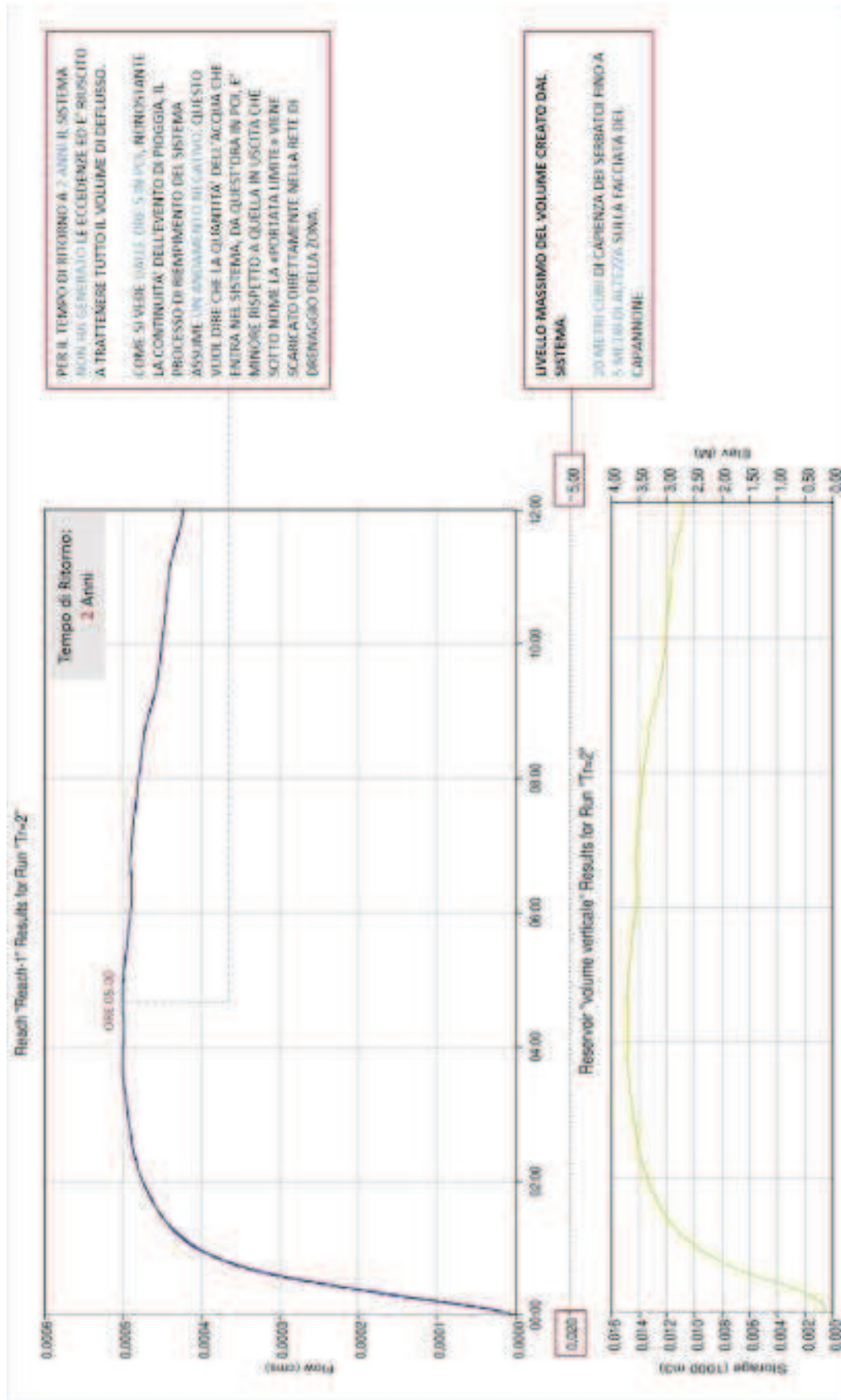
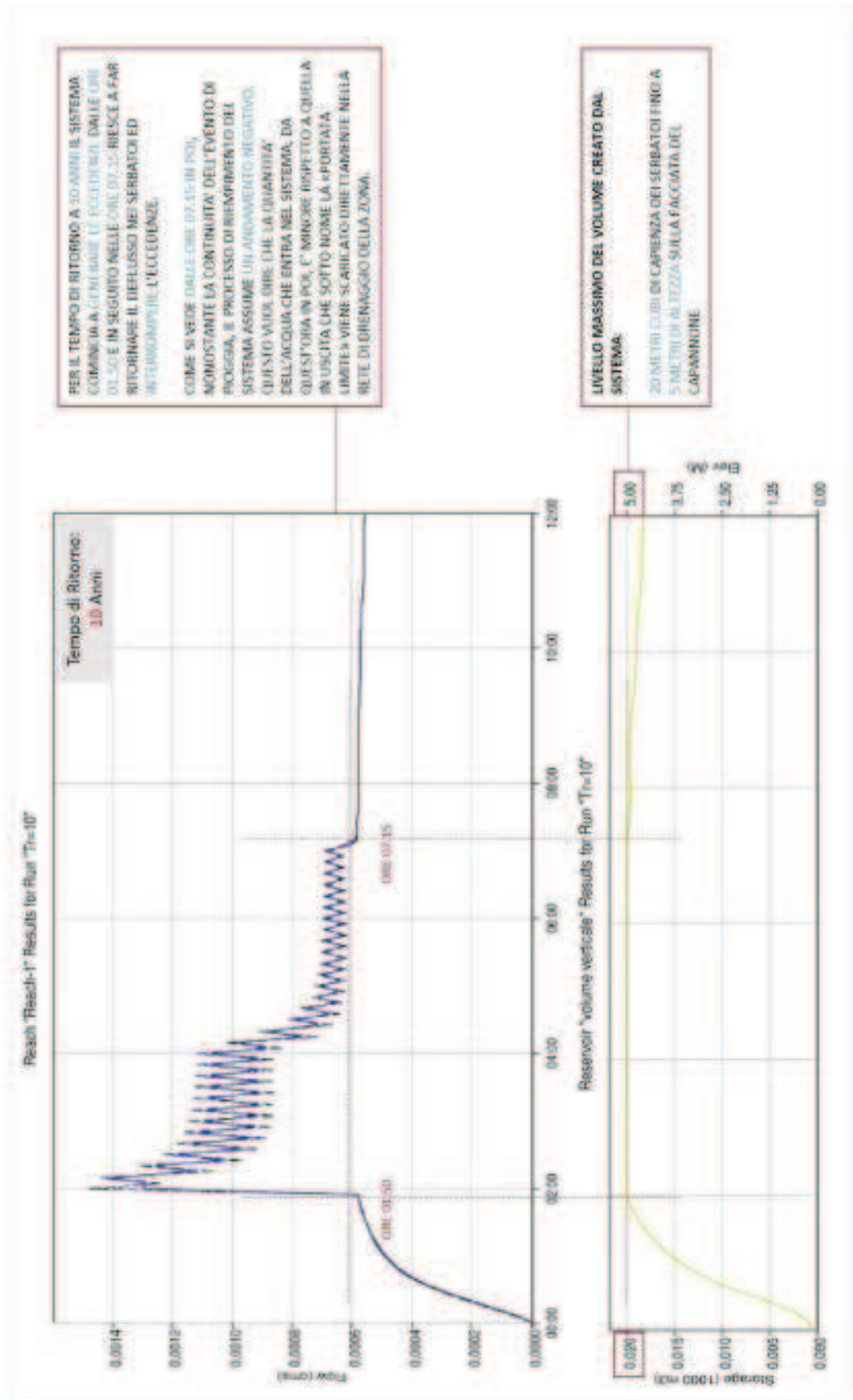


Fig.02  
 L'andamento del processo di riempimento del volume creato dai serbatoi del sistema durante un evento di 12 ore di pioggia simulato con "Hex-Himis" (il tempo di ritorno a 2 anni)

Fig.03

L'andamento del processo di riempimento del volume creato dai serbatoi del sistema durante un evento di 12 ore di pioggia simulato con "Hec-hrms" (il tempo di ritorno a 10 anni)



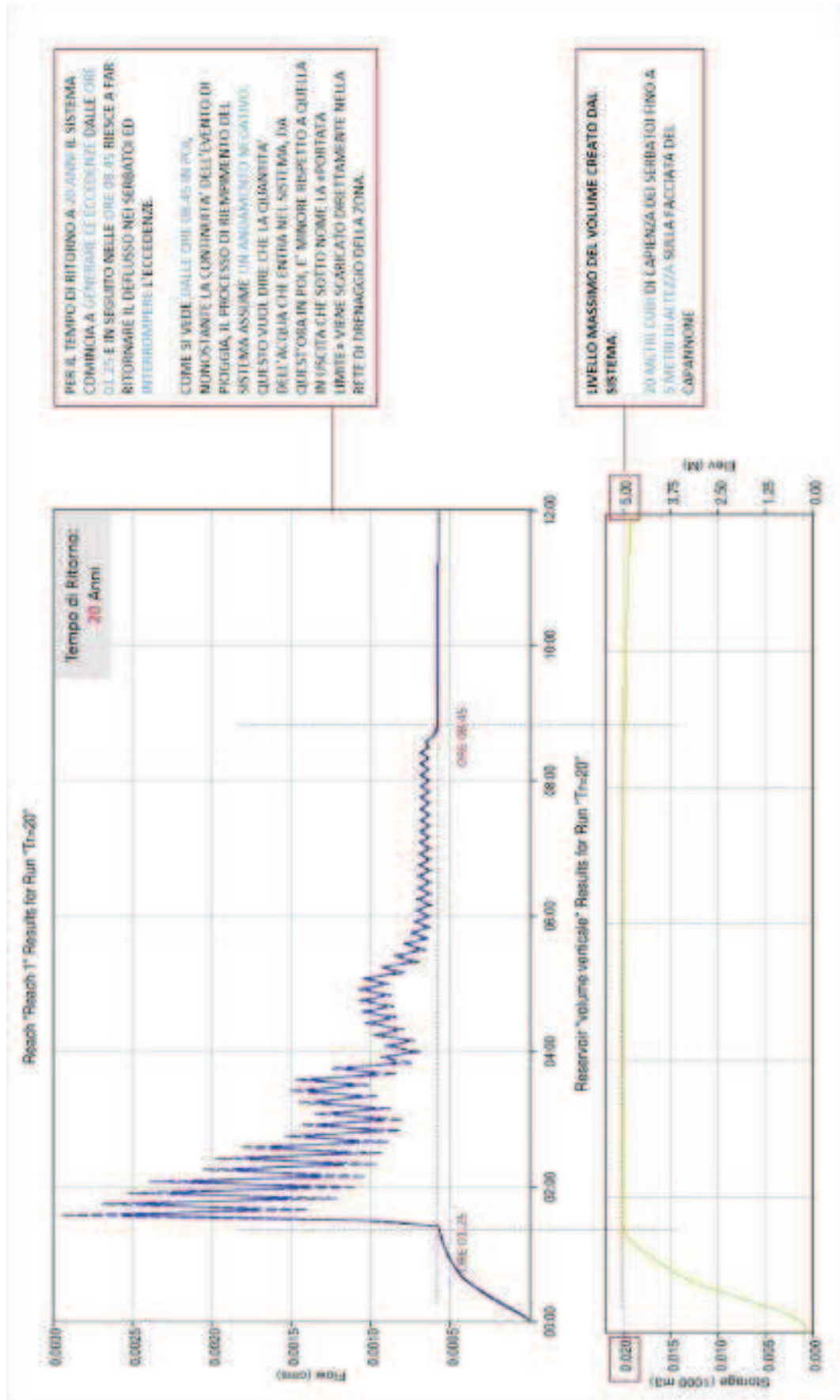
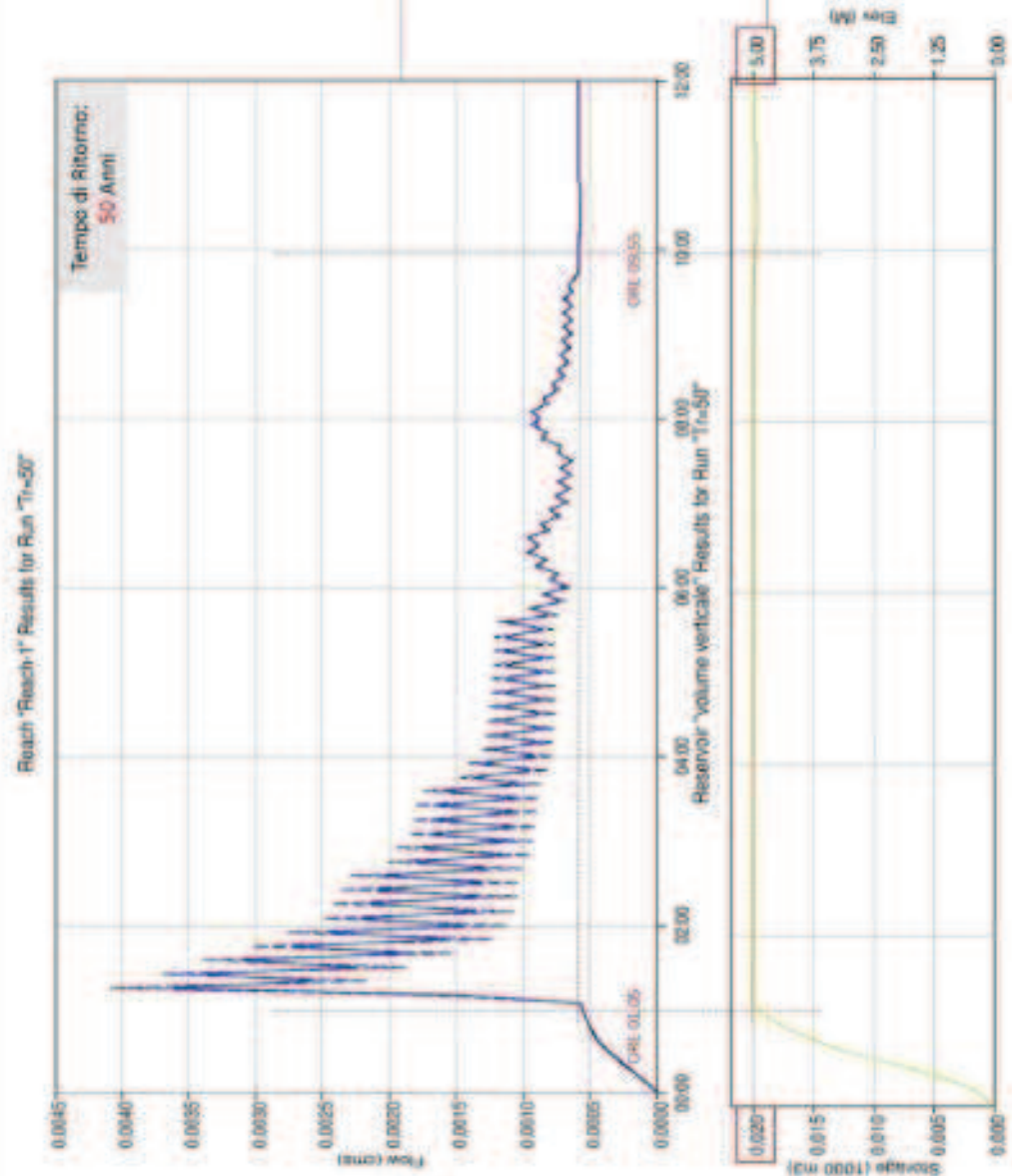


Fig.04  
L'andamento del processo di riempimento del volume creato dai serbatoi del sistema durante un evento di 12 ore di pioggia simulato con "Hec-Hms" (il tempo di ritorno a 20 anni)



Fig.05

L'andamento del processo di riempimento del volume creato dai serbatoi del sistema durante un evento di 12 ore di pioggia simulato con "Hec-Hms" (il tempo di ritorno a 50 anni)



PER IL TEMPO DI RITORNO A 50 ANNI IL SISTEMA COMINCIA A GENERARE LE ECCEZIONI DALLE ORE 03.05 E IN SEGUITO NELLE ORE 04.55 RIESCE A FAR RITORNARE IL DEFLUSSO NEI SERBATOI ED INTERROMPERE L'ECCEZIONE.

COME SI VEDE (VALLE ORE 04.55 IN FIG.), NONOSTANTE LA CONTINUITÀ DELL'EVENTO DI PIOGGIA, IL PROCESSO DI RIEMPIMENTO DEL SISTEMA ASSUME UN ANDAMENTO NEGATIVO. QUESTO PUÒ DARE CHE LA QUANTITÀ DELL'ACQUA CHE ENTRA NEL SISTEMA, DA QUEST'ORA IN POI, È MINORE RISPETTO A QUELLA IN USCITA CHE SOTTO NOME LA «PORTATA LIMITE» VIENE SCARICATO DIRETTAMENTE NELLA RETE DI DRENAGGIO DELLA ZONA.

LIVELLO MASSIMO DEL VOLUME CREATO DAL SISTEMA: 5.00 METRI CUBI DI CAPACITÀ DEI SERBATOI FINO A 5 METRI DI ALTEZZA, SULLA FACCIATA DEL CAPANNONE.



Fig.06  
L'andamento del processo di riempimento del volume creato dai serbatoi del sistema durante gli eventi più significativi dell'anno di riferimento, 2012, simulato con "Hec-Hms" (il tempo reale)



### **9.3 LA VERIFICA DELLA CAPACITA' DEL SISTEMA TRAMITE I DIAGRAMMI RISULTANTI**

Per interpretare i diagrammi rappresentati possiamo guardarli da due diversi punti di vista. Il primo sarebbe verificare il rendimento del sistema per gestire la quantità dell'acqua meteorica caduta sul capannone modello nella prima ora di pioggia. In questo modo possiamo dimostrare la capacità simulata del sistema di fronte alle piogge brevi ed intense (quelli inferiori ad un'ora) che sono la causa principale degli allagamenti. L'altro punto di vista invece, sarà valutare questa capacità per tutte le 12 ore di pioggia che sono state previste come la durata dell'evento che è stato simulato dal apposito programma.

Ovviamente queste due verifiche riguardano gli eventi simulati in base ai dati statistici della pioggia, mentre per i casi reali consideriamo tutti i tempi di pioggia realmente accaduti basandoci sugli eventi più significativi.

#### **9.3.1 il rendimento del sistema per drenare il deflusso creato nella prima ora dell'evento**

Come si vedono nelle seguenti figure per tutti i tempi di ritorno considerati per la simulazione, il volume creato dal sistema sulla facciata edilizia è riuscito a contenere tutto il deflusso entrato nei serbatoi durante la prima ora dell'evento. Dopodiché ad un certo momento questo volume si riempie e il sistema comincia a scaricare le eccedenze nella rete di drenaggio della zona. Il tempo per arrivare a questo momento di riempimento è assolutamente legato all'allungamento dei tempi di ritorno. In altre parole più questi tempi considerano un numero maggiore di anni più si accorcerà il tempo per arrivare al momento del riempimento.

Come abbiamo visto nei diagrammi sopracitati, nel caso del tempo di ritorno di 2 anni il sistema non solo è riuscito ad immagazzinare il deflusso durante la prima ora di pioggia ma è stato anche capace di trattenerlo per tutte le 12 ore dell'evento simulato. Mentre per i tempi di ritorno più lunghi il momento del riempimento del sistema accade in questo ordine:

- Tempo di ritorno a 10 anni: 1 ora e 50 minuti dal inizio dell'evento
- Tempo di ritorno a 20 anni: 1 ora e 25 minuti dal inizio dell'evento
- Tempo di ritorno a 50 anni: 1 ora e 05 minuti dal inizio dell'evento

Oltre all'evento valutato con il tempo di ritorno a 2 anni che è stato calcolato con i dati statistici della pioggia, anche per tutti gli eventi più significativi e realmente accaduti nel anno solare di riferimento (2012) che sono stati presi in considerazione, il sistema è riuscito a trattenere tutto il volume di deflusso dal inizio alla fine degli eventi.

#### **9.3.2 il rendimento del sistema per drenare il deflusso creato durante tutto l'evento**

D'altra parte se prendiamo in considerazione tutte le 12 ore, tranne il caso con il tempo di ritorno di 2 anni in cui non abbiamo proprio eccedenze, il sistema si è dimostrato capace di far ritornare il deflusso nei propri serbatoi sempre prima della fine dell'evento. Questo succede grazie alla differenza quantitativa tra la portata dell'afflusso che entra nel sistema e la portata costante chiamata "portata limite" e stabilita dal Consorzio di Bonifica di Ferrara.

Praticamente il sistema, dopo essersi riempito, usufruisce di questo rapporto a favore e dopo una certa quantità di tempo riesce a procurare lo spazio sufficiente nel proprio volume per far ritornare il deflusso nei serbatoi e interrompere l'eccedenze.



Ovviamente la lunghezza di questo arco di tempo è direttamente legata alla crescita degli anni considerati come i tempi di ritorno.

Il punto positivo dimostrato dal sistema è che è stato riconosciuto grazie al processo di simulazione, sarebbe che, nonostante la crescita di questo tempo, il momento dell'interruzione delle eccedenze e del ritorno del deflusso dentro il sistema accade prima della fine dell'evento in tutti i casi di 10, 20 e 50 anni di "Tr".

Si è dimostrato un altro punto positivo per il sistema quando sono stati riportati i dati legati alle portate e i tempi dell'eccedenze, sulle tabelle grafiche che dimostrano le differenze quantitative tra il volume trattenuto dal sistema e il volume dell'eccedenze. Come si vede nella seguente figura, la parte di deflusso manifestata come le eccedenze rispetto a quella trattenuta dal sistema è molto inferiore. Questo fatto mostra che, nonostante il riempimento del volume creato dal sistema nei vari tempi di ritorno, le eccedenze di deflusso che vengono scaricate direttamente nella rete di drenaggio della zona non rappresentano un difetto considerevole per il funzionamento del sistema:

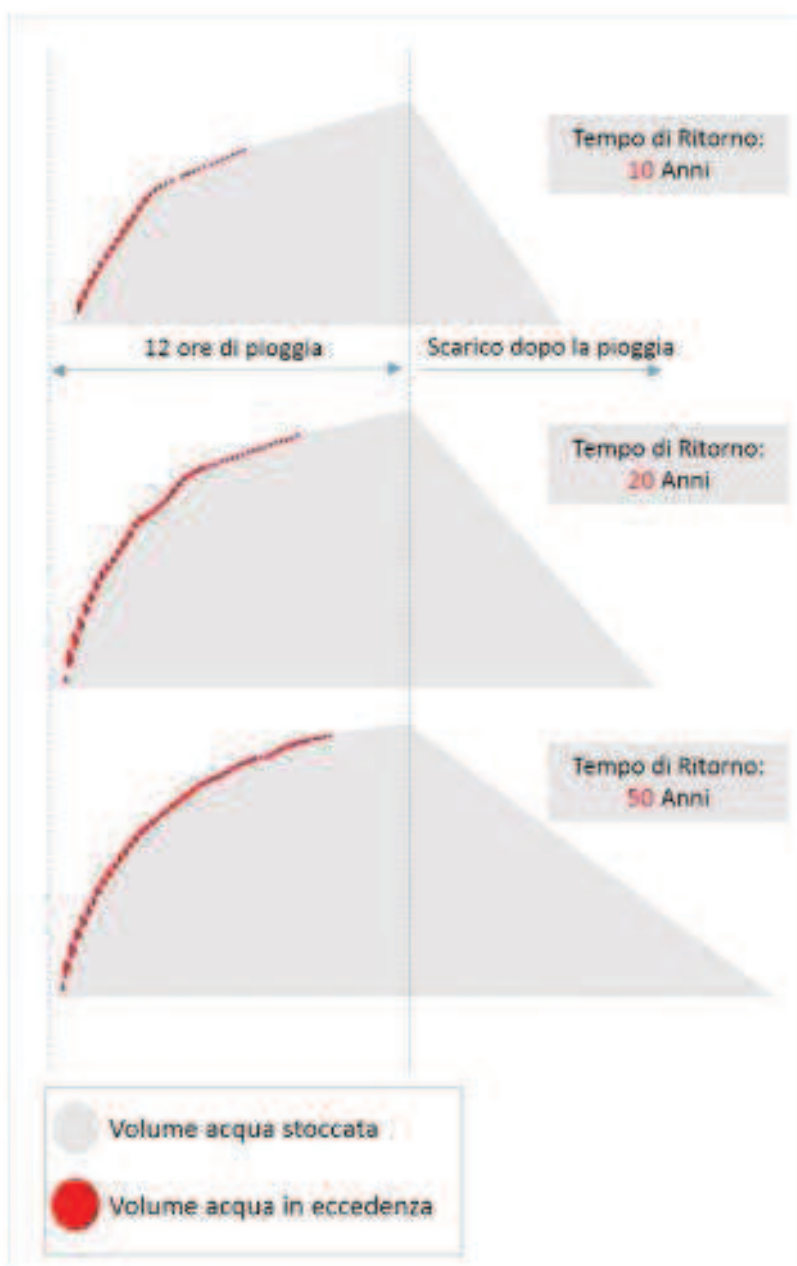


Fig.07  
La differenza quantitativa del volume dell'eccedenza del deflusso rispetto a quello trattenuto dal sistema nei tempi di ritorno a 10, 20 e 50 anni.

NB: le piogge relative ai tempi di ritorno a 2 anni e al tempo reale riferito all'anno solare 2012, non hanno causato le eccedenze

## 9.4 LA CONCLUSIONE DEL CAPITOLO

Il processo di simulazione, oltre ad aiutarci ad avere le idee ben chiare sulla capacità e il rendimento del nostro sistema in modo reale, ci ha dato un altro vantaggio. Questo vantaggio sarebbe la capacità di poter costruire un rapporto matematico tra la superficie di captazione del fabbricato e la superficie verticale necessaria che deve essere coperta dal nostro sistema per ottenere un drenaggio significativo. Questo rapporto di per sé non avrà molta importanza, ma diventerà utile quando verrà generalizzato per poter risalire ai numeri necessari per altri fabbricati che potranno usufruire della nostra facciata drenante. È ovvio che i dati relativi alle precipitazioni saranno variabili da zona a zona. Tuttavia con gli attuali risultati possiamo almeno definire con certezza questo rapporto per i fabbricati delle zone in cui le bonifiche di riferimento sono le stesse di questa simulazione cioè S.Zagno e Marozzo. La figura seguente basata sulla cartografia tematica rilasciata dal Consorzio di Bonifica di Ferrara<sup>5</sup>, mostra più o meno le posizioni geografiche di queste zone del basso Ferrarese.

Fig.08

La dimostrazione geografica delle zone che si trovano nel perimetro delle due bonifiche riferite nel processo della simulazione di questo progetto

Fonte: consorzio di bonifica della pianura di Ferrara



<sup>5</sup>Cartografia di bacini di scolo e ordini di afferenza rete dei canali di bonifica e impianti idrovori", presentata nel paragrafo 5.2 del capitolo 5.



## 9. Valutazione finale dei risultati ottenuti dalla simulazione numerica del sistema

Detto ciò, grazie a questo rapporto proporzionale, dimostrato nella seguente figura, possiamo calcolare la grandezza minima della superficie verticale necessaria per applicare la nostra facciata drenante in relazione alla grandezza della superficie di captazione di ogni eventuale fabbricato che si trovi in queste zone:

TEMPO DI RITORNO = 2 ANNI											
SUPERFICIE DI CAPTAZIONE = 600 mq											
SUPERFICIE VERTICALE SOTTOMESSA AL SISTEMA (mq)	TEMPO DI TRATTENERE TUTTO IL DEFLUSSO SENZA GENERARE L'ECCEDEXENZE (ore)				TEMPO DI TRATTENERE MAGGIOR PARTE ASSOLUTO DEL DEFLUSSO GENERANDO L'ECCEDEXENZE (ore)				RAPPORTO PROPORZIONALE CON LA SUPERFICIE DI CAPTAZIONE (%)		
	1	3	6	12	1	3	6	12			
450	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	75		
300	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	50		
150	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	25		

TEMPO DI RITORNO = 10 ANNI											
SUPERFICIE DI CAPTAZIONE = 600 mq											
SUPERFICIE VERTICALE SOTTOMESSA AL SISTEMA (mq)	TEMPO DI TRATTENERE TUTTO IL DEFLUSSO SENZA GENERARE L'ECCEDEXENZE (ore)				TEMPO DI TRATTENERE MAGGIOR PARTE ASSOLUTO DEL DEFLUSSO GENERANDO L'ECCEDEXENZE (ore)				RAPPORTO PROPORZIONALE CON LA SUPERFICIE DI CAPTAZIONE (%)		
	1	3	6	12	1	3	6	12			
450	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	75		
300	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	50		
150	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	25		

Fig.09  
Il rapporto proporzionale ricavato dalla simulazione del sistema sul capannone modello del progetto. Questo rapporto serve per poter calcolare la superficie verticale necessaria su cui installare il nostro sistema della facciata, relativamente alla capacità di drenaggio, per altri fabbricati della zona, (Tr = 2 e 10 anni)



## 9. Valutazione finale dei risultati ottenuti dalla simulazione numerica del sistema

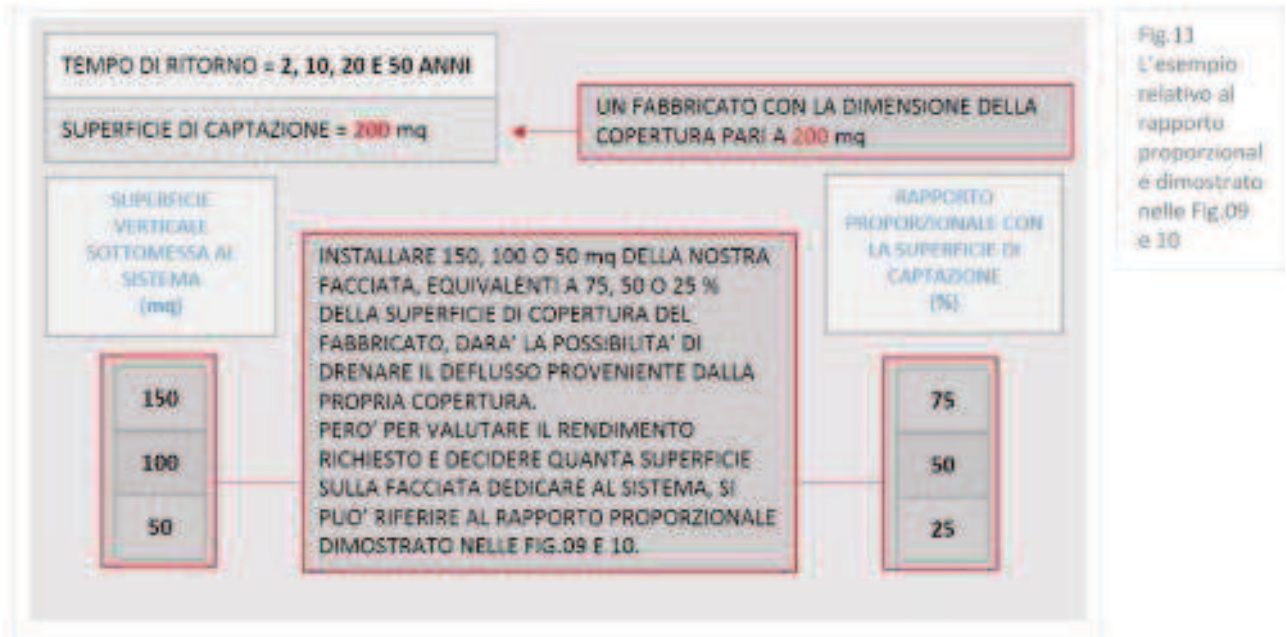
Fig.10  
Il rapporto  
proporzionale  
ricavato dalla  
simulazione del  
sistema sul  
capannone.  
modello del  
progetto.  
Questo rapporto  
serve per poter  
calcolare la  
superficie  
verticale  
necessaria su cui  
installare il  
nostro sistema  
della facciata,  
relativamente  
alla capacità di  
drenaggio, per  
altri fabbricati  
della zona.  
(Tr = 20 e 50  
anni)

TEMPO DI RITORNO = 20 ANNI									
SUPERFICIE DI CAPTAZIONE = 600 mq									
SUPERFICIE VERTICALE SOTTOMESSA AL SISTEMA (mq)	TEMPO DI TRATTENERE TUTTO IL DEFLUSSO SENZA GENERARE L'ECCEDENZE (ore)				TEMPO DI TRATTENERE MAGGIOR PARTE ASSOLUTO DEL DEFLUSSO GENERANDO L'ECCEDENZE (ore)				RAPPORTO PROPORZIONALE CON LA SUPERFICIE DI CAPTAZIONE (%)
	1	3	6	12	1	3	6	12	
450	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	75
300	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	50
150	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	25

TEMPO DI RITORNO = 50 ANNI									
SUPERFICIE DI CAPTAZIONE = 600 mq									
SUPERFICIE VERTICALE SOTTOMESSA AL SISTEMA (mq)	TEMPO DI TRATTENERE TUTTO IL DEFLUSSO SENZA GENERARE L'ECCEDENZE (ore)				TEMPO DI TRATTENERE MAGGIOR PARTE ASSOLUTO DEL DEFLUSSO GENERANDO L'ECCEDENZE (ore)				RAPPORTO PROPORZIONALE CON LA SUPERFICIE DI CAPTAZIONE (%)
	1	3	6	12	1	3	6	12	
450	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	75
300	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	50
150	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	25

Per chiarire meglio il concetto, di seguito riportiamo alcuni esempi:



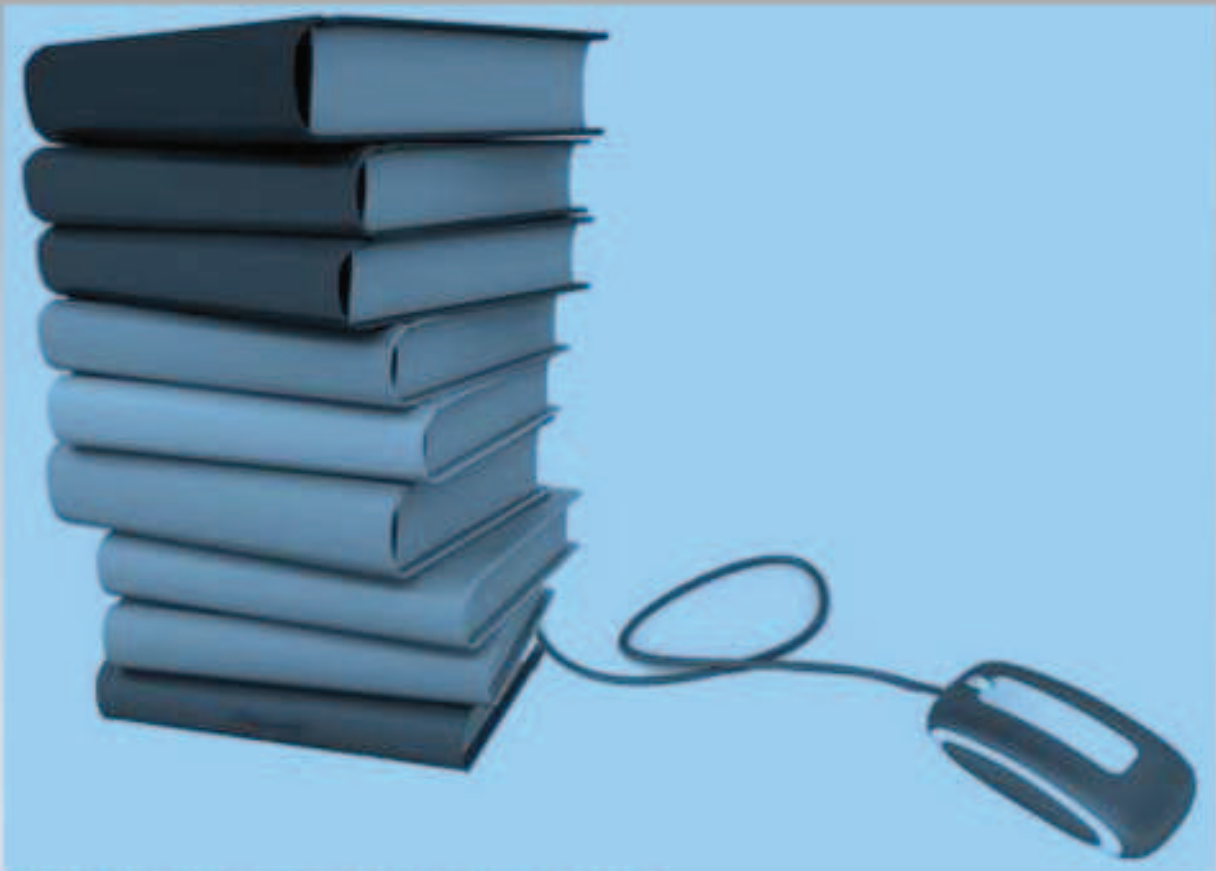
Il risultato di questo progetto di ricerca cioè, il sistema della facciata drenante nelle due forme modulare e modulare ventilata, si è dimostrato capace di alleggerire i problemi causati dagli eventuali sovraccarichi delle reti di drenaggio urbano. Per questo possiamo dichiarare che il progetto è riuscito a raggiungere gli obiettivi iniziali di questa ricerca. Questo fatto però non escluderà, ovviamente, la presenza di punti critici e dei limiti relativi a questo sistema.

La minor disponibilità di superfici verticali con poche aperture (come le finestre) in zone altamente edificate, come i centri storici, sarà il limite maggiore per il nostro sistema. Sempre parlando di queste zone, le normative relative a salvaguardare i palazzi dei centri storici che limitano l'uso dei sistemi delle facciate modulari o ventilate diventerà un altro elemento vincolante per il nostro sistema.

Tuttavia, una volta superati questi limiti, è anche vero che la nostra facciata drenante tornerà più utile per essere applicata sui fabbricati proprio di queste zone. Saranno infatti proprio queste zone che soffriranno della mancanza di reti efficaci di drenaggio delle acque meteoriche, per poter affrontare in maniera ideale le piogge intense. Un sistema come il nostro fornirà una buona collaborazione a queste reti, trattenendo il deflusso proveniente dai fabbricati della zona, ed in seguito alleggerire il carico finale destinato a loro.







**BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO**

## Bibliografia di riferimento

---

## BIBLIOGRAFIA

- ESMOND REID, *capire gli edifici: un approccio multi disciplinare*, Zanichelli, Bologna, 2005
- NEUFERT, *Enciclopedia pratica per progettare e costruire*, Hoepli, Milano, 1987
- GREATER LONDON COUNCIL, *Good practice details*, Architectural Press, London, 1979
- G. DALL'O, *architettura e impianti*, città studi edizioni, Torino, 2007
- C. COMOLETTI, *il rame sui tetti*, Electa, Milano, 1994
- KARL HEINZ BOSE, *recuperare l'acqua piovana per la casa e il giardino*, Aam terra nuova, Firenze, 2012
- GIACOMO TORLAI, *recupera e riusa delle acque meteoriche all'interno dell'edificio*, dipartimento di ingegneria civile, Bologna, 2012
- PIERO COLAPRICO, *quattro cocce d'acqua piovana*, Milano, 2006
- GIUSEPPE LUIGI CIRELLI, *I trattamenti naturali delle acque reflue urbane*, ESSELIBRI S.P.A, NAPOLI, 2003
- S.ARTINA/G.LALOGGIA/S.PAPIRI, *sistemi di fognatura: manuale di progettazione*, Paoletti e Hoepli, 1997
- E.OLIVIERI, *comportamento ed efficienza delle vasche di prima pioggia*, ?, 2000
- C.CIAPONI/S.PAPIRI, *vasche di prima pioggia: analisi critica di possibili modalità di svuotamento*, Convegno nazionale d'idraulica urbana, Sorrento, 2005
- BIRK HAUSER, *Involucri Edilizi*, ?, Basel, 2001
- CRISTINA BENEDETTI, *Manuale di architettura bioedilizia*, Rimini, 1994
- FABRIZIO TUCCI, *Involucro ben temperato*, Alinea Editrice, Firenze, 2006
- KRIPPNER. R / HERZOG. T, *Indagini tipologiche nel ambito di rivestimento degli edifici*, Bonn, 1999
- HERZOG. T, *Atlante delle facciate*, università di Monaco (Germania), 2004
- MONICA LAVAGNA, *sostenibilità e risparmio energetico: soluzioni tecniche per involucri eco-efficienti*, CLUP, Milano, 2006
- FLIPPO ANGELUCCI, *Involucri energetici*, sala editori, Pescara, 2003
- SERGIO ALTAMONTE, *Involucro architettonico come interfaccia dinamica*, Alinea Editrice, Firenze, 2005
- ANGELO LUCCHINI, *le pareti ventilate, il sole 24 ore*, Milano, 2000
- ETTORE ZAMBELLI, *costruzione stratificato a secco*, ?, Rimini, 1997
- TONINI. DOMINGO, *Elementi di idrografia ed idrologia*, CORTINA PADOVA, 1984
- U.MOISELLO, *Grandezze e fenomeni idrologici*, LA GOLIARDICA PAVESE, PAVIA 1999
- GREPPI. M, *idrologia: il ciclo dell'acqua e i suoi effetti*, Hoepli, Milano, 1999
- AKAO. Y, *QualityFunction Deployment*, Productivity press, Cambridge, 1990
- EUREKA. W.E, *"Introduction to Quality Function Deployment" in QFD, a collection of presentation and QFD case studies*, Dearbon, Milano, 1987
- FRANCESCHINI. F, *QualityFunction Deployment: un strumento progettuale per coniugare qualità e innovazione*, il sole 24 ore, Milano, 1998
- STABILINI. G, *il QualityFunction Deployment*, sda Bocconi, Milano, 2002
- PARDUCCI ALBERTO, *Appunti di tecnica delle costruzioni prefabbricate*, E.S.A, Roma, 1975
- ROSSINI GIULIANO/ SEGRE DANILO, *Materiali strutturali, fondazioni, strutture in elevazione, concetti di prefabbricazione*, Hoepli, Milano, 1980



- ALBERTO DA LAGO, *pannelli di copertura prefabbricati*, M.B Editricie, Roma, 1972
- ACHILLE PETRIGNANI, *tecnologia di architettura*, Gorlich, Milano, 1967
- GIULIANO ROSSINI, *tamponamenti esterni e divisori interni, facciate leggere e a grandi pannelli?*, Milano, 1972
- ATTILIO CAROTTI, *vetro strutturale e facciate continue*, Libreria Clup, Milano, 2003

## MONOGRAFIA

- USAF, *blue book: il rapporto triennale*, Aeronautica militare Statiunitense, 2011
- FEDERCONSUMATORI, *indagine sulle tariffe del servizio idrico nazionale*, Modena, 2011
- RAFAELLO ZUACARO, *atlante d'irrigazione*, INEA (Istituto Nazionale di Economia Agraria), Bologna, 2011
- ELENA GIACOMELLO, *un suolo artificiale: il ruolo dell'acqua nella progettazione della copertura verde*, Dipartimento di architettura, Università di Ferrara, 2009
- S. PAPIRI, S. TODESCHINI, *Qualità e controllo delle acque di dilavamento di infrastrutture viarie*, Atti della Giornata di Studio "Insediamenti Produttivi e Infrastrutture". Genova, 2004
- S. TODESCHINI, *Qualità delle acque meteoriche di dilavamento di aree urbanizzate*, Atti della Giornata di Studio "Gestione delle acque meteoriche di dilavamento: un approccio integrato". Varese, 2005
- MAURA MASSARENTI, *Vasche di prima pioggia: analisi delle tipologie, del funzionamento e progetto di un caso reale*, corso laurea d'ingegneria civile, università di Ferrara, 2010
- DANIELE POLI, *la gestione delle acque di pioggia in reti di drenaggio unitarie: progetto pilota nel bacino di via dell'aeroporto a Ferrara*, corso laurea d'ingegneria civile, università di Ferrara, 2008
- ANGELO LUCCHINI, *pareti ventilate ad alta prestazioni per interventi di nuova costruzione e di riqualificazione edilizia*, Dipartimento ABC, Politecnico di Milano, 2014
- NICOLA COSTA, *elementi di progettazione di facciata ventilata*, Corso di laurea in ingegneria civile, università di Ferrara, 2010
- CINZIA CORRADI, *materiali termo-acustici per l'edilizia bioecologica e soluzioni progettuali compatibili*, dipartimento d'ingegneria, università di Ferrara, 2002
- ZANINI NICOLO', *soluzione tecniche di facciate e risposta economico-prestazionale*, Corso di laurea in ingegneria civile, università di Ferrara, 2004
- STEFANO CUOGHI, *le prestazioni acustiche delle facciate*, corso d'ingegneria civile, università di Ferrara, 2004
- SIPRO, *AREE ECOLOGICAMENTE ATTREZZATE: MANUALE DELLE TECNICHE, ESPERIENZE E METODI SVILUPPATI NELL'AMBITO DEL PROGETTO ECOLAND*, FERRARA, 2009
- ALESSANDRO BONDESANI, *PROGETTO CARTOGRAFIA TEMATICA, TAV. N.12, CONSORZIO DI BONIFICA, PIANURA DI FERRARA*, AGOSTO 2011



- PASQUALE VERSACE, *Il ciclo idrologico ed il bilancio idrologico a scala di bacino*, corso di laurea in ingegneria per l'ambiente e il territorio, Università di CALABRIA, 2010
- GARGIONE. L.A., *Using QFD in the design phase of an apartment construction project*, University of California, 1999
- RUGGERO BIMBATTI, *Disinfezione delle acque reflue di piccole comunità. Indagine sperimentale su un impianto di fitodepurazione*, corso di laurea in ingegneria per l'ambiente e il territorio, università di Ferrara
- ENRICO ZAMBONI, *Incidenza della stima delle piogge sul dimensionamento delle reti di drenaggio urbano*, Corso di laurea in ingegneria civile, università di Ferrara
- NICOLA TOBALDINI, *Riuso acque reflue: tecniche di affinamento e disinfezione per uso irrigo*, Corso di laurea in ingegneria civile, università di Ferrara
- ELISA FLIPPI, *Studio relativo al progettazione del deflusso idraulico*, Corso di laurea in ingegneria civile, università di Ferrara
- PAOLA PAMINI, *Analisi delle condizioni di deflusso in territorio urbanizzato*, Corso di laurea in ingegneria civile, università di Ferrara
- MARCO LOLLI, *La curva di frequenza delle piene derivata dalle distribuzione delle probabilità del coefficiente di deflusso e delle piogge estreme*, Corso di laurea in ingegneria civile, università di Ferrara
- MARGHERITA REZZUOLO, *procedure per la ricostruzione delle scale di deflusso in sezioni dotate di misure di livello*, Corso di laurea in ingegneria civile, università di Ferrara

## ATTI DI CONGRESSO, LINEE GUIDE E NORMATIVI

- AGENZIA PROVINCIALE PER L'AMBIENTE, *linee guide per la gestione sostenibile delle acque meteoriche*, Bolzano, 2008
- REGIONE EMILIA – ROMAGNA, *linee guida d'indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di prima pioggia*, Bologna, 2010
- legge ordinaria del parlamento, n° 319, "norme per la tutela delle acque dall'inquinamento", del 10 maggio 1976
- .G.R. n° 286, "Direttiva concernente la gestione delle acque di prima pioggia e il lavaggio da aree esterne", Art. 39 del D.Lgs. 11 Maggio 1999 n° 152 come sostituito dall'art. 113 del D.Lgs. 3 Aprile 2006, n° 152, "Norma in materia ambientale"
- D.G.R n°. 1860. "linee guida d'indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di prima pioggia" (giunta regionale n°. 286 del 14 Febbraio 2005, regione Emilia – Romagna)
- Norma UNI 11018 del 2003, "Rivestimenti e sistemi di ancoraggio per facciate ventilate a montaggio meccanico. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione. Rivestimenti lapidei e ceramici"
- Direttiva 92/50 fornitura servizi  
Applicabile a servizi di progettazione, gestione e manutenzione, è recepita in Italia con D.lgs. 17 marzo 1999 n.157.
- Direttiva 93/36 appalti pubblici di forniture prodotti e componenti



- Applicabile agli appalti di fornitura beni, quali apparecchiature, ecc. È recepita in Italia con Dpcm del 29-04-1994. La fornitura dei beni può comportare, a titolo accessorio, lavori di posa e installazione.
- Direttiva 93/37 appalti pubblici di lavori  
Applicabile agli appalti di lavori pubblici, i suoi principi sono recepiti con D.lgs. 19-12-1991, n. 406 e nella legge Quadro in materia di lavori pubblici (legge 11-02-1994), n. 109, e successive modifiche e integrazioni)
  - Direttiva 89/106 prodotti da costruzione  
Applicabile a materiali, prodotti e componenti edilizi destinati, ad essere permanentemente incorporati in edifici e opere di ingegneria civile, recepita in Italia con Dpr 21-04-1993, n. 246.
  - Direttiva 92/57 sicurezza nei cantieri mobili  
Applicabile a tutti i cantieri di costruzione, manutenzione e demolizione con presenza prevista di oltre 100 uomini giorno, recepita con D.lgs. 14-08-1996, n.494 e successivo D.lgs. 528/99.
  - Decreto ministeriale 16 dicembre 1996, "norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" Stabilisce le norme tecniche relative a verifica di sicurezza e carichi e sovraccarichi a integrale sostituzione di quelle di cui al precedente decreto 12-02-1982. I metodi di verifica ammessi sono il metodo degli stati limite ed il metodo delle tensioni ammissibili. Gli aggiornamenti apportati sono di notevole rilevanza, soprattutto per quanto concederne i sovraccarichi variabili, il carico neve e l'azione del vento.
  - Circolare 4 luglio 1996, n. 456AA.GG/STC. Istruzione per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi". Fornisce chiarimenti, indicazioni ed elementi ai fini di una più agevole ed univoca applicazione delle norme tecniche a verifica di sicurezza e carichi e sovra carichi.
  - D.M. 16-01-1996 "Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche", stabilisce le norme tecniche che disciplinano tutte le costruzioni, la cui sicurezza possa comunque interessare la pubblica incolumità, da realizzarsi in zone dichiarate sismiche, ad integrale sostituzione di quelle di cui al precedente decreto 24 gennaio 1986.
  - Legge 26 ottobre 1995, n.447 "legge quadro sull'inquinamento acustico, stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo, definito come ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, dall'inquinamento acustico.
  - D.P.C.M 5 dicembre 1997, "Determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici e quelli passivi con i loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.
  - D.P.C.M 1° marzo 1991, "Limiti massimi d'esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno. "Oltre ai limiti, stabilisce anche le tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico."
  - Legge 9 gennaio 1991, n.10, "Norme per attuazione del piano energetico nazionale in materia d'uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili d'energia". Prevede per la sua attuazione l'emanazione un'ampia serie di provvedimenti e decreti amministrativi.



- D.P.R. 26 agosto 1993, n.412 "regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi d'energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n.10"
- Regolamento d'attuazione della legge n. 10/1991, stabilisce i valori massimi della temperatura degli ambienti interni, i requisiti ed il dimensionamento degli impianti termici, i valori limite del fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale, sulla base dell'individuazione della zona climatica, dei gradi giorni e la classificazione generale degli edifici per categorie.
- Processi estensivi di depurazione delle acque reflue, specifici per i piccoli e medi insediamenti(500-5000 abitanti equivalenti), applicazione della direttiva del consiglio n°91/271 – del 21 maggio 1991
- "Comma 4, art. 96, D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152", stabilisce che la raccolta dell'acqua piovana al servizio di fondi agricoli o degli singoli edifici ad uso civile, è libera senza richiedere alcuna licenza, finché non interferiscono negativamente sulle procedure legate alle materie di edilizia. Inoltre ci sono i seguenti normativi su cui si può riferire:
  - . Normativa tedesca, E. DIN. 1989 – 1: che disciplina l'impianti della raccolta dell'acqua piovana nelle varie fasi di progettazione, esecuzione, attività e la manutenzione.
  - . Le norme UNI. EN. 12053 – 3 e UNI. 9184: che riferisce ai sistemi per evacuazione delle acque meteoriche. (La progettazione e il calcolo)
  - . La norma DIN. 1988: definisce il dimensionamento delle condotte e la rete di distribuzione.
  - . La norma UNI. 10724: disciplina i sistemi di raccolta e smaltimento della acque meteoriche, chiarendo gli istruzioni per la progettazione e l'esecuzione.
- Rainwater Harvesting Systems,code of practice,BSI British standards – BS 8515:2009
- PIER FEDERICO FILENI, *Linee guida per la realizzazione delle Aree Produttive Ecologicamente Attrezzate della Provincia di Bologna*, Ecuba srl, Modena 18 aprile 2007
- Urban Runoff Quality Management. WEF manual of practice no.23- American society of civil engineers

## SITOGRAFIA

[www.istat.it](http://www.istat.it),

[www.cresme.it](http://www.cresme.it), Centro ricerche economiche sociali di mercato edilizio e il territorio

[www.arpa.ferrara.it](http://www.arpa.ferrara.it), INFEA (Informazione Educazione Ambientale), provincia di Ferrara

[www.hedar.it](http://www.hedar.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata

[www.ameaspa.it](http://www.ameaspa.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata

[www.centrometal.com](http://www.centrometal.com), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata

[www.corian.it](http://www.corian.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata

[www.serenissima.re.it](http://www.serenissima.re.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata

[www.edilcasa.com](http://www.edilcasa.com), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata

[www.elcomsystem.it](http://www.elcomsystem.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata  
[www.fibran.it](http://www.fibran.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata  
[www.vzinc.it](http://www.vzinc.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata  
[www.piz.it](http://www.piz.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata  
[www.adermalocatelli.it](http://www.adermalocatelli.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata  
[www.cottocusimano.it](http://www.cottocusimano.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata  
[www.kalikos.it](http://www.kalikos.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata  
[www.aliva.it](http://www.aliva.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata  
[www.cabox.com](http://www.cabox.com), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata  
[www.abet-laminati.it](http://www.abet-laminati.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata  
[www.isopan.it](http://www.isopan.it), l'azienda produttrice dei sistemi per la facciata

#### ARTICOLO IN RIVISTA O CONTRIBUTO IN PUBBLICAZIONE

- J.E.BALL, *An assessment of availability of pollutant constituents of road surface*, "The Science of the total environment", 1998
- FRANCESCHINI. F/TERZAGO. M, *un applicazione del QFD nel campo dei servizi di formazione aziendale*, "De Qualitate", v.6, n.5, 1997
- HARON. N.A/LIANA. F, *The application of qualityfunctiondeployment (QFD) in the design phase of industrialized building system (IBS) apartment construction project*, "European international journal of science and technology", vol.1.No.3, 2012
- C.C. CHOI, *Wind-driven rain on building faces and the driving-rain index*, "Edmund Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics", n.79 (1999)
- N.VASELI/P.MONADJEMI, *Reclamation Potential of Urban Stormwater Runoff in Iran*, "Scientia Iranica", vol.12,Na.4
- M.BOLLER/V.MOTTIER, *Significance of rain water infiltration for urban water management on a regional basis*, "Z.F Kulturtechnik und Landentwicklung", Vol.39, pp.247-254
- ANJUN PAN, *Hydrologically Enhanced Distributed Urban Drainage Model and Its Application in Beijing City*, "Journal of Hydrologic Engineering", vol. 17, n. 6, 2012.