

REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

PIANO DI INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEL SISTEMA IDRICO REGIONALE

RISTRUTTURAZIONE DELLE OPERE PIU' VETUSTE DELL'ACQUEDOTTO CAMPANO

RISTRUTTURAZIONE STATICA DEL SERBATOIO
S. ROCCO E ADEGUAMENTO DELL'ADDUZIONE ALLA
CENTRALE DI MUGNANO

PROGETTO ESECUTIVO

Il Progettista

Il Concessionario

	Luglio 2014	EMISSIONE PER APPROVAZIONE			
Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
TITOLO : PIANO DI MANUTENZIONE INTERVENTI DI RIPARAZIONE DELLE STRUTTURE MANUALE D'USO			Progettazione:		
Allegato	PM.01.1		Revisione:		Scala:

Indice

1 - PREMESSE	3
1.1. FINALITA' DEL PIANO DI MANUTENZIONE	3
1.2. BANCA DATI	4
1.3. ARTICOLAZIONE DEL PIANO DI MANUTENZIONE.....	4
1.4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
1.5. UBICAZIONE, DESCRIZIONE DEL BENE E DELL'INTERVENTO	6
2 - MANUALE D'USO	8
2.1. GENERALITA'	8
2.2. VERIFICA DI TENUTA ALL'ACQUA DELLE VASCHE	8
2.3. ISPEZIONI PERIODICHE, ISPEZIONI ANNUALI.....	8
2.3.1. <i>Scheda esame visivo</i>	8
2.3.2. <i>Scheda dati storici</i>	9
2.4. PROCEDURE DI ESAME VISIVO DETTAGLIATO	9
2.4.1. <i>Scheda difetti</i>	10
2.5. STRUMENTI DI CONTROLLO ULTERIORI	11
2.5.1. <i>Prova diretta su carote</i>	12
2.5.2. <i>Prova di estrazione o pull-out test</i>	12
2.5.3. <i>Misure Sclerometriche</i>	13
2.5.4. <i>Metodo ad ultrasuoni</i>	13
2.5.5. <i>Misure combinate microsismiche e sclerometriche</i>	14
2.5.6. <i>Prelievo di polveri e microcarote per analisi chimiche</i>	14
2.5.7. <i>Rilevamento magnetico delle barre di armatura</i>	14
2.6. RISULTATI DEI CONTROLLI ED ANALISI DEI DATI - CRITERI PER L'INTERVENTO	14
2.6.1. <i>Relazione sulle patologie e Valori di soglia</i>	15
2.6.2. <i>Analisi delle cause di degrado</i>	16

2.6.3. <i>Individuazione degli interventi</i>	17
2.6.4. <i>Analisi dei vincoli e delle priorità</i>	17

1 - PREMESSE

Il Piano di manutenzione, introdotto dal nuovo corpo normativo sui Lavori Pubblici, è, ai sensi dell'Art. 33 del DPR 207/2010, un elaborato obbligatorio del progetto esecutivo. Nell'Art. 38 dello stesso provvedimento si afferma, tra l'altro, che il piano di manutenzione deve essere redatto tenendo conto dell'opera effettivamente realizzata allo scopo di garantire nel tempo il mantenimento delle caratteristiche di qualità e di efficienza.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008) hanno introdotto l'obbligo di allegare al progetto strutturale esecutivo il "Piano di Manutenzione della parte strutturale dell'opera". La norma definisce questo ulteriore elaborato "il documento complementare al progetto strutturale che ne prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico".

Nel caso specifico il presente progetto è relativo ad interventi su una costruzione esistente, per la gran parte costituiti da ripristini strutturali che si sono resi necessari a seguito del manifestarsi di deterioramenti di vario grado e intensità. In realtà quindi il progetto, per ciò che riguarda le opere civili, è essenzialmente relativo a una manutenzione straordinaria, cioè proprio all'oggetto di un piano di manutenzione.

Per il Serbatoio di San Rocco, che è stato realizzato oltre cinquant'anni, non è però disponibile un Piano di Manutenzione delle opere civili.

Si coglie pertanto l'occasione della presente fase progettuale per redigere un Piano di Manutenzione non semplicemente relativo agli interventi oggetto del progetto che, come prima ricordato, già di per sé costituiscono per la gran parte una attività di manutenzione, ma all'intera costruzione esistente.

Il presente elaborato contiene quindi il piano di manutenzione delle opere civili strutturali del Serbatoio di San Rocco nel loro complesso, esistenti e nuove.

1.1. FINALITÀ DEL PIANO DI MANUTENZIONE

I principali vantaggi di una corretta ed efficace organizzazione della manutenzione, sono essenzialmente:

- consentire un'alta *affidabilità delle opere*, prevedendo e quindi riducendo i possibili disservizi che possono comportare notevoli disagi nella fase di esercizio; gestire l'opera durante tutto il suo *ciclo di vita*, con un favorevole rapporto fra costi e benefici, in quanto gli interventi in emergenza (più frequenti nei casi di cattiva conduzione e manutenzione) sono notevolmente costosi;
- consentire una *pianificazione degli oneri* economici e finanziari connessi alla gestione del complesso, in virtù di valutazione dei costi prevedibili e ripartibili fra le diverse attività.

Sulla base dell'impostazione logica sopra esposta, gli obiettivi del "Piano di manutenzione" devono essere i seguenti:

- costituzione e gestione di una banca dati relativa alla tipologia delle opere, alla loro vita, ai loro

degradi, ai dati acquisiti dalle ispezioni periodiche e straordinarie e agli interventi di manutenzione;

- messa a punto di sistemi di controllo visivo e strumentale, idonei a verificare lo stato delle strutture e ad evidenziare e misurare eventuali anomalie;
- messa a punto della programmazione di verifica delle opere, dell'eventuale monitoraggio di alcuni componenti, degli interventi di manutenzione periodica;
- costituzione di un archivio generale di tipologie di intervento da eseguire, in relazione ai possibili degradi delle opere interessate.

Pertanto, a partire dall'analisi comparata delle diverse informazioni contenute in banca dati e dalla definizione razionale delle necessità di intervento, legate sia alla manutenzione programmata, sia derivanti da eventi di degrado riscontrati nel loro stato iniziale, si interviene secondo determinate priorità, al fine di conservare nel tempo le caratteristiche funzionali e strutturali dell'opera.

1.2. BANCA DATI

Un obiettivo della costituzione della banca dati è quello di raccogliere già durante la costruzione, in maniera sistematica, tutte le informazioni che potranno essere utili per le manutenzioni future e, in particolare, per la valutazione delle cause di determinati ammaloramenti, per la valutazione della necessità e priorità di intervento in ripristino, per la progettazione dello stesso.

In sintesi, le informazioni da acquisire possono così raggrupparsi:

- dati generali di identificazione dei manufatti;
- dati principali dimensionali dei manufatti;
- dati sulla tipologia delle strutture costituenti l'opera nel suo complesso;
- dati su impermeabilizzazioni;
- informazioni sulle caratteristiche ambientali;
- informazioni sull'ambiente interno e sugli impianti esistenti.

Tutti i dati devono essere raccolti, dalle documentazioni di progetto, di collaudo, di ispezione, in maniera omogenea; allo scopo sono previsti appositi moduli ("**schede dati storici**"), ove le informazioni sono organizzate nella forma più idonea anche per il caricamento in banca dati.

1.3. ARTICOLAZIONE DEL PIANO DI MANUTENZIONE

Il "Piano di Manutenzione" secondo quanto previsto dall'art. 93 del D.Lgs. 163/2006 e dal relativo "Regolamento di Attuazione" (Artt. 33,38 del D.P.R. 207 / 2010), è costituito dai tre documenti operativi di seguito richiamati :

1. Il "**Manuale d'Uso**" : si riferisce all'uso delle parti significative del bene. Il manuale contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità per la migliore utilizzazione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento

anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

In pratica il “Manuale d’Uso” deve:

- Indicare gli elementi utili a limitare danni causati da un uso improprio del bene.
- consentire l’esecuzione delle operazioni necessarie alla conservazione del bene, che non richiedano “conoscenze specialistiche”.
- consentire di riconoscere con tempestività gli anomali fenomeni di deterioramento del bene, al fine di intervenire anche con operazioni di tipo “specialistico”. Per il raggiungimento di tali obiettivi, il “Manuale d’Uso” prevede l’istituzione di *ispezioni di controllo periodiche visive*, pianificandone le modalità esecutive e normalizzando l’acquisizione e l’interpretazione dei dati riscontrati, al fine di tenere il bene sotto controllo con continuità e conoscerne costantemente lo stato di conservazione.

Il “Manuale d’Uso”, inoltre, definisce l’entità e le caratteristiche degli operatori, delle strumentazioni e delle tecnologie necessarie al monitoraggio dell’opera.

2. Il “ **Manuale di Manutenzione**”: si riferisce alla manutenzione delle parti significative del bene. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Dal punto di vista operativo, il “Manuale di Manutenzione”, dopo aver individuato il livello minimo delle prestazioni che il bene deve assicurare e le anomalie prevedibili nel corso della sua vita utile, definisce quali debbano essere gli *interventi necessari e le modalità* di esecuzione degli stessi.

A completamento di quanto sopra, nel “Manuale di Manutenzione” potranno essere distinte le operazioni manutentive eseguibili direttamente dall’utente, da quelle per le quali sono necessarie attrezzature particolari e/o la partecipazione di personale specializzato.

In tal modo, inoltre, potranno essere individuate l’entità e le caratteristiche delle risorse occorrenti per ciascuna tipologia d’intervento di manutenzione.

3. Il “ **Programma di Manutenzione**” :

Si realizza, a cadenze prefissate temporalmente o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni.

1.4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I riferimenti normativi specifici di cui si è tenuto conto nell’elaborazione del presente piano di manutenzione e dei quali si dovrà tener conto in fase gestionale delle opere, sono:

- D.Lgs. 163/2006 e s.m.i. : Codice dei Contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.

- D.P.R. 207/2010 : Regolamento di esecuzione ed attuazione del D.Lgs.163/06.
- D.M. 14/01/2008 : Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni
- Circolare 02/02/2009 n. 617 - Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- D.Lgs.81/2008 : Attuazione dell'Articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- D.P.R. 177/2011 : Regolamento recante norme per la qualificazione delle imprese e dei lavoratori autonomi operanti in ambienti sospetti di inquinamento o confinati, a norma dell'Art. 6, comma 8, lettera g), del D.Lgs.81/2008 n.81.
- Accordo Stato-Regioni sul documento, allegato A) parte integrante del presente atto, relativo alla formazione dei lavoratori, ai sensi dell'Art. 37, comma 2, del D.Lgs.81/2008.
- Accordo Stato-Regioni per l'individuazione delle attrezzature di lavoro per le quali è richiesta una specifica abilitazione degli operatori.
- Norma C.E.I. – 0-10 – 2002/02. Guida alla manutenzione degli impianti elettrici.
- UNI 10144 Manutenzione – Classificazione dei servizi di manutenzione.
- UNI 10145 Manutenzione – Definizione dei fattori di valutazione delle imprese fornitrici di servizi di manutenzione.
- UNI 10146 Manutenzione – Criteri per la formulazione di un contratto.
- UNI 10147 Manutenzione – Terminologia.
- UNI 10148 Manutenzione – Gestione di un contratto di manutenzione.
- UNI 10224 Manutenzione – Principi fondamentali della funzione della manutenzione.
- UNI 10366 Manutenzione – Criteri di progettazione della manutenzione.
- UNI 10388 Manutenzione – Indici di manutenzione.
- UNI 10449 Manutenzione – Criteri per la formulazione e gestione del permesso di lavoro.
- UNI 10584 Manutenzione – Sistema informativo di manutenzione.
- UNI 10604 - Criteri di progettazione, gestione e controllo dei servizi manutenzione di immobili.
- UNI 10685 - Criteri per la formulazione di contratti global service.
- UNI 10874 - Criteri di stesura dei manuali d'uso e di manutenzione.

1.5. UBICAZIONE, DESCRIZIONE DEL BENE E DELL'INTERVENTO

Le opere oggetto del presente Piano di Manutenzione, sono costituite dalle strutture facenti parte del serbatoio di San Rocco, situato in localita' Miano nel comune di Napoli e facente parte della rete di distribuzione dell'Acquedotto Campano a servizio dell'area Flegrea.

Esso e' realizzato in c.a. gettato in opera ed e' composto da 8 vasche, ciascuna con capacita' di invaso pari a circa 10000 mc, da un corridoio centrale posto alla quota del calpestio del piazzale di ingresso e da una sottostante camera di manovra composta dall'area ubicata sotto il suddetto corridoio centrale, dal cunicolo

di uscita/entrata tubazioni e da un manufatto ex shuntaggio adiacente al corpo principale.

La dimensione complessiva del serbatoio e' di circa 140x120 m. Ciascuna vasca ha dimensioni esterne pari a 65 m (lato perpendicolare al corridoio centrale) x 30 m circa ed e' divisa in 4 porzioni da 3 setti di circolazione disposti parallelamente al lato lungo. La copertura e' realizzata con volte in c.a., aventi appoggio sulle pareti perimetrali lunghe e sui setti di circolazione, di luce pari a circa 7 m. Il serbatoio e' ricoperto da un reinterro di spessore variabile, mediamente pari a circa 1.3 m sulla chiave delle volte, al fine di ottenere un buon isolamento termico.

Le opere interessate sono quindi classificabili nelle seguenti tipologie:

- strutture in c.a. : vasche, cunicoli, pareti controterra, coperture a volta, solai e pilastri interni
- opere in carpenteria metallica: piani e scale di servizio, coperture;

2 - MANUALE D'USO

2.1. GENERALITA'

L'attività di sorveglianza delle opere oggetto del Piano di Manutenzione si dovrà svolgere, conformemente alle normative esistenti in Italia, sulla base di ispezioni periodiche visive eseguite con cadenza definita e condotte da personale tecnico incaricato specificatamente, nonché sulla base di controlli eseguiti da parte di personale specializzato eventualmente con l'ausilio di strumentazioni e analisi di laboratorio.

Le ispezioni, i controlli ed il personale addetto dovranno essere coordinati da un Ingegnere Responsabile.

Tali controlli dovranno essere volti all'ubicazione, difetto per difetto, di tutti gli ammaloramenti riscontrati ed il loro obiettivo dovrà essere soprattutto quello di verificarne l'eventuale evoluzione nel tempo.

2.2. VERIFICA DI TENUTA ALL'ACQUA DELLE VASCHE

Data la funzione del manufatto in oggetto, la verifica di tenuta all'acqua delle vasche costituisce elemento di principale rilevanza, non solo in relazione agli aspetti impiantistici ma anche quale controllo dell'integrità degli elementi strutturali e delle impermeabilizzazioni. In dipendenza degli esiti delle verifiche di tenuta all'acqua potrà quindi emergere la necessità di approfondimenti di indagine e/o di interventi manutentivi. In relazione alle modalità della verifica di tenuta all'acqua delle vasche si rimanda però a prescrizioni/indicazioni a cura del Gestore del serbatoio.

2.3. ISPEZIONI PERIODICHE, ISPEZIONI ANNUALI

Su ciascun porzione di manufatto devono essere effettuate ispezioni periodiche, al fine di verificare lo stato dell'elemento esaminato e di individuare l'eventuale presenza di degradi e/o difetti; la loro frequenza è stabilita, per ciascun elemento strutturale, nell'allegato "programma delle ispezioni".

Le ispezioni devono essere effettuate da tecnici diplomati, che poi redigono l'apposito rapporto "**scheda esame visivo**" e, con i dati di quest'ultimo, aggiornano una "**scheda dati storici**" dei controlli, inserendo la data della visita e le eventuali nuove anomalie insorte.

Almeno una volta all'anno è necessaria la verifica da parte di un Ingegnere.

L'insieme della documentazione di base e di quella acquisita nel tempo dovrà andare a costituire una banca-dati in grado di essere consultata con estrema semplicità, per ottenere in prima istanza, per ciascuna opera, l'insieme dei suddetti due documenti fondamentali:

- "**scheda esame visivo**": foglio di risultanza dell'ispezione periodica (a qualunque data);
- "**scheda dati storici**": foglio riportante le caratteristiche strutturali fondamentali e la storia delle ispezioni, da aggiornare periodicamente.

2.3.1. Scheda esame visivo

Il rapporto, la cui struttura è la medesima per ogni opera, contiene, nella sua parte generale, l'identificazione dell'opera esaminata, il numero d'ordine generale, la data di ispezione, l'indicazione dei nomi di chi ha

effettuato la visita, il nome dei file delle fotografie digitali, i dati generali dell'opera e le successive sezioni allegare alla scheda, relative ai difetti riscontrati in corrispondenza delle singole parti strutturali.

La necessità di segnalazione del difetto riveste particolare importanza, perché si crea la possibilità di estrarre dalla banca-dati tutte e sole le situazioni in cui la risposta è stata affermativa e che comportano una "priorità" di intervento.

2.3.2. Scheda dati storici

La *scheda dati storici*, che, come detto, è finalizzata a reperire e raccogliere tutti i dati conoscitivi a partire dal progetto e dalle modalità di realizzazione dell'opera, sino allo stato attuale, è redatta ed aggiornata periodicamente per ciascuna parte strutturale di ogni opera e contiene le seguenti informazioni:

- individuazione dell'opera e della parte strutturale cui si riferisce;
- periodo di costruzione e vicende ad esso collegate;
- materiali costituenti la parte strutturale dell'opera e, per ciascuno di essi, indicazione delle caratteristiche, dimensioni, tipologia, ecc. (cls, acciaio, altro);
- altre informazioni relative all'ubicazione, schema statico, data d'inizio del degrado, ecc.
- successione cronologica delle ispezioni, per ciascuna delle quali è riportata la data, le parti della struttura i cui difetti hanno subito delle variazioni rispetto all'ispezione precedente, che cosa è effettivamente variato, il n° della scheda di rilevamento;
- successione cronologica degli interventi significativi di manutenzione, con la relativa data, tipologia e ubicazione.

2.4. PROCEDURE DI ESAME VISIVO DETTAGLIATO

L'esame visivo è la prima operazione da prevedere per un'indagine corretta, il cui scopo sia l'individuazione e la diagnosi dei fenomeni di degrado e la progettazione del conseguente intervento.

Durante l'ispezione, è opportuno esaminare gli elementi strutturali e gli impianti, onde accertare ogni fatto nuovo occorso e l'insorgere di eventuali anomalie esterne, nel qual caso si dovranno annotare in maniera convenzionale tutti i difetti riscontrati, dalle microfessurazioni alle macchie di ruggine, dallo stato di ossidazione del ferro alle delaminazioni ed ai distacchi del calcestruzzo, dall'usura al malfunzionamento degli impianti, il tutto adeguatamente supportato da un'accurata documentazione fotografica.

Nel caso in cui gli elementi visionati presentassero segni di gravi anomalie, il tecnico dovrà promuovere ulteriori controlli specialistici e nel frattempo adottare direttamente, in casi di urgenza, eventuali limitazioni all'esercizio dell'opera.

Al fine di uniformare le procedure di visita e di evidenziare agli occhi degli operatori addetti alle ispezioni tutti i possibili e probabili difetti riscontrabili, si sono individuati i possibili degradi da verificare, suddivisi per classi, come di seguito esposto:

1. DIFETTI LEGATI ALL'ACQUA

- trasudi/fuoriuscite d'acqua dalle pareti perimetrali delle vasche
- infiltrazioni in corrispondenza di giunti
- infiltrazioni diffuse sulla superficie
- infiltrazioni in corrispondenza di punti singoli

2. *DIFETTI DEL CALCESTRUZZO*

- ammaloramento e/o distacchi superficiali del calcestruzzo
- copriferro insufficiente
- lesioni del calcestruzzo

3. *DIFETTI DELLE PARTI METALLICHE*

- ferri d'armatura: ossidazioni, riduzioni sezione resistente
- supporti di ancoraggio: allentamento e/o rottura perni o bulloni
- lesioni o "cricche" di saldatura
- sfogliamento vernice, ossidazione

2.4.1. Scheda difetti

Per la valutazione corretta ed univoca dei risultati delle visite, effettuate anche da personale diverso, è di fondamentale importanza uniformare in maniera razionale le procedure di classificazione dei diversi tipi di ammaloramento e dei parametri più significativi per la loro descrizione ed il loro controllo; per raggiungere l'obiettivo, si devono utilizzare delle " **schede difetti** dove tali caratteristiche risultano univocamente definite. Tali "schede difetti", che, come accennato in precedenza, dovranno essere allegate alla "scheda esame visivo", saranno relative alle anomalie e/o difetti presenti nell'opera in corrispondenza delle singole parti e in esse dovrà essere riportata la descrizione del degrado rilevato e tutte le informazioni utili all'individuazione sia delle cause, sia degli eventuali interventi da eseguire successivamente, quali l'ubicazione, la sua estensione, la tipologia, l'ambiente e il tipo di struttura ove si sono manifestati ed eventuali altre osservazioni particolari a cura del rilevatore.

Per quanto riguarda i tipi di ammaloramento sopra considerati, si riportano di seguito e si mettono in luce le informazioni da raccogliere nella fase di acquisizione.

Macchie di umidità

Tra le possibili macchie d'umidità, devono essere distinte le concrezioni dovute a depositi di sali come la calcite e i solfati e quelle dove la presenza dell'acqua ha provocato delle degradazioni della struttura.

Si distingue ulteriormente tra macchie in cui è presente una percolazione diretta sulla pavimentazione e quelle per percolazione lungo il rivestimento.

Tale indicazione è fondamentale, in quanto può dare una valutazione sulle quantità di acqua in gioco.

Alterazioni superficiali del calcestruzzo

Per quanto riguarda gli ammaloramenti delle opere in calcestruzzo ove si siano verificati distacchi parziali, nella scheda relativa si distinguono le seguenti classi:

1. calcestruzzo residuo non degradato: indica una superficie compatta a distacco avvenuto.
2. calcestruzzo residuo degradato, senza pericolo incipiente di caduta di materiale: indica un conglomerato in cui esiste un iniziale processo di degradazione.
3. calcestruzzo con vespaio e inerti asportabili manualmente: è presente una decomposizione generalizzata del cls; gli inerti si distaccano progressivamente dal legante e si notano efflorescenze dove sono presenti alterazioni del legante;
4. calcestruzzo con pericolo di distacco a blocchi: indica un cls per il quale si possono verificare dei distacchi specialmente in presenza di fessure ramificate longitudinali e trasversali.

Lesioni

Le cause che determinano la nascita di lesioni, possono essere individuate analizzando il loro andamento.

Tale considerazione, ha portato a mettere l'accento sulla descrizione dell'andamento delle lesioni, che possono essere distinte in:

- lesioni singole;
- lesioni ramificate;
- lesioni regolari/irregolari.

Le lesioni non ramificate, possono essere piu' facilmente legate a deformazioni per effetto di uno stato di sollecitazione eccessivo.

In galleria, sarà opportuno tenere conto delle seguenti possibili tipologie di lesione:

- lesioni parallele o quasi all'asse della galleria;
- lesioni ortogonali a tale asse;
- lesioni inclinate.

Nei casi in cui vi fosse presenza di lesioni, la loro ampiezza dovrà essere verificata con regolarità e controllata nel tempo, tenendo presente che le lesioni ramificate, generalmente, si presentano come evoluzione di quelle singole.

2.5. STRUMENTI DI CONTROLLO ULTERIORI

L'esecuzione sistematica di ispezioni visive e la conseguente analisi dei dati, non sono sempre sufficienti per individuare qualsiasi difetto o per comprendere chiaramente le cause di determinati degradi, né per valutare oggettivamente il grado di "pericolo" di una situazione ed il rimedio anche provvisorio più idoneo.

I necessari approfondimenti diagnostici, che dal punto di vista prettamente operativo

sono stati fatti rientrare fra le operazioni di manutenzione ordinaria, richiedono l'esecuzione *di*
prove strumentali che possono essere sia di tipo puntuale (relative all'esame di punti "critici") che di tipo

"globale" (relative all'esame generale della struttura), mediante le quali è possibile stimare e valutare caratteristiche e parametri relativi allo stato dei materiali delle strutture.

Tali attrezzature devono essere utilizzate da tecnici specializzati, mentre l'interpretazione dei risultati deve essere eseguita da ingegneri, che eventualmente possono avvalersi di sistemi informatizzati di analisi dei dati.

Allo stato attuale vi è un notevole sviluppo di strumentazioni ad alto rendimento, in grado cioè di effettuare rilievi ad alta velocità. Nella *Tabella 2.1* sono riportati i principali strumenti di analisi che possono essere utilizzati per lo studio dello stato di consistenza delle opere pertinenti le strutture oggetto del Piano.

Nei paragrafi che seguono si riportano le caratteristiche e le modalità esecutive delle varie prove citate, fermo restando che sia il loro eventuale utilizzo, sia la scelta delle possibili tipologie alternative a disposizione saranno a cura del tecnico responsabile della manutenzione, in base alle specifiche caratteristiche del problema che si dovesse presentare.

Funzione	Strumento
Determinazione resistenza a compressione cls	Prova diretta su carote Prova di estrazione (Pull-out test) Sclerometro
Determinazione modulo elastico	Rilevatori ultrasonori
Analisi stato corrosivo e classificazione del degrado	Prelievo di polveri e microcarote per analisi chimiche
Rilievo armature	Rilevamento magnetico delle barre d'armatura (pacometro)

Tabella 2.1: Prove in situ da eseguire per effettuare i controlli

2.5.1. Prova diretta su carote

Il prelievo di calcestruzzo maturo costituisce sempre il miglior modo per conseguire una stima dell'effettiva resistenza del calcestruzzo. Un limite può essere costituito dal danneggiamento che si produce durante il prelievo, che fa classificare tale metodo come "localmente distruttivo" e dal costo, che, per tempo di esecuzione della prova e per usura dei materiali, è superiore ad ogni altro metodo di prova non distruttiva.

È fondamentale nella fase di prelievo il rispetto delle specifiche fissate dalla UNI 6131, per ridurre al minimo il danneggiamento dovuto al prelievo.

La prova di resistenza a compressione viene eseguita in conformità alla UNI 6132. Tali prove devono essere eseguite presso i laboratori ufficiali o autorizzati, che garantiscono affidabilità, indipendenza e qualità (legge n. 1086 del 5 novembre 1971, D.M. 9 gennaio 1996).

2.5.2. Prova di estrazione o pull-out test

La prova di estrazione, per brevità indicata spesso come "pull-out test", è una prova localmente distruttiva,

classificata come semi-distruttiva.

Può essere prevista con inserti pre-inglobati nel getto in fase di progetto, oppure con inserti post-inseriti per strutture degradate, non conformi o per le quali si voglia procedere ad un aumento di capacità portante.

Le prove correlano la forza di estrazione P alla resistenza R del conglomerato mediante la seguente formula sperimentale (F. Meneghetti - T. Meneghetti):

$$R = 0.0427 P + 242.52 \quad \text{per tasselli pre-inglobati;}$$

$$R = 0.092 P + 93.1 \quad \text{tasselli post-inseriti.}$$

in cui P è espresso in kg e R in kg/cm².

La prova è normata dalla UNI 9536 per i tasselli pre-inglobati e dalla UNI 10157 per tasselli post-inseriti. Il numero minimo di tasselli è di tre per ogni punto di prova.

2.5.3. Misure Sclerometriche

Il metodo dell'indice di rimbalzo sclerometrico consiste nel misurare l'entità del rimbalzo di una massa battente che, azionata da una molla, impatta sulla superficie del calcestruzzo con una energia nota. L'indice di rimbalzo permette di valutare la durezza superficiale del calcestruzzo e può essere utilizzato per valutare l'omogeneità del calcestruzzo in sito e la resistenza a compressione, nonché per determinare regioni superficiali degradate e per stimare le variazioni nel tempo delle proprietà del calcestruzzo. In Italia il metodo sclerometrico è regolato, in via sperimentale, dalla Norma UNI 9189.

Poiché la risposta dello sclerometro risulta dipendere dall'inclinazione sull'orizzontale dell'asse dello stesso, si deve tenere conto dei diagrammi di correlazione che forniscono anche la dispersione media dei valori.

La prova sclerometrica è un metodo di analisi molto pratico e rapido, ma ha lo svantaggio di saggiare solo strati superficiali che potrebbero essere alterati. I risultati sono inoltre sensibili ad alcuni parametri quali umidità, carbonatazione, presenza di armature e granulometria degli inerti. Tale metodo, per la normativa italiana, non può essere considerato alternativo per la determinazione della resistenza a compressione del cls.

2.5.4. Metodo ad ultrasuoni

Il metodo ad ultrasuoni consiste essenzialmente nell'analisi della propagazione all'interno del calcestruzzo di onde elastiche longitudinali di compressione, di frequenza compresa tra 10 e 50 kHz. L'onda d'urto, generata da un opportuno emettitore in un punto dell'elemento, viene captata da un ricevitore posizionato in un altro punto e trasmessa, sotto forma di un segnale elettrico, ad un oscilloscopio che ne permette la visualizzazione e la misura del tempo t intercorso tra emissione e ricezione.

Dividendo la distanza tra i due punti per il tempo si ricava la velocità delle onde elastiche nel materiale, che (ipotizzando un legame elastico lineare per il materiale sottoposto alla prova) è funzione delle caratteristiche elastiche del mezzo (modulo di elasticità e rapporto di Poisson dinamici) e della sua densità. Eventuali disomogeneità (fessure, cavità, ecc.), variando la velocità di propagazione e assorbendo parzialmente, rifrangendo e riflettendo l'onda di vibrazione, possono essere indagate analizzando tali processi.

2.5.5. Misure combinate microsismiche e sclerometriche

Un sistema che valorizza i due metodi sperimentali sopra descritti, migliorandone l'interpretazione, è quello "combinato" ultrasuoni-sclerometro, che consente di calcolare la resistenza convenzionale di un calcestruzzo mediante varie relazioni sperimentali proposte in letteratura, che esprimono la resistenza cubica media del calcestruzzo R , in funzione della velocità delle onde longitudinali V e degli indici di rimbalzo sclerometrici N , ciascuna legata a particolari tipi di calcestruzzo e a differenti condizioni di maturazione.

2.5.6. Prelievo di polveri e microcarote per analisi chimiche

Al fine di individuare e classificare il tipo di degrado, si possono eseguire delle analisi chimiche o diffrattometriche sui materiali prelevati dalla struttura ed effettuare delle prove colorimetriche in situ.

Le analisi chimiche sono mirate alle determinazioni dei solfati, dei cloruri, degli alcali, alle variazioni di pH ed alla classificazione, insieme agli esami mineralogici, del degrado; pertanto, è necessario pianificare diffusi prelievi di polveri e di microcarote, da sottoporre alle analisi.

2.5.7. Rilevamento magnetico delle barre di armatura

Il rilevamento magnetico consente un'esatta determinazione - non distruttiva - della posizione e del diametro delle armature di un elemento strutturale in calcestruzzo armato e risulta della massima utilità in ogni caso in cui occorra confrontare i dati di progetto con lo stato attuale e non sia consentito, o consigliabile, effettuare indagini di tipo distruttivo. I «pacometri», o magnetoscopi sono strumentazioni che si basano su fenomeni elettromagnetici e consentono tali determinazioni con buona approssimazione, purché il

copriferro delle barre non superi i 15-20 *cm*.

La valutazione del diametro dei ferri è possibile con un grado di approssimazione tanto più esatto, quanto minore è la copertura del ferro.

La pacometria non è in grado di rilevare i diametri nelle zone di sovrapposizione di più ferri. E' utile, in una campagna pacometrica, prevedere uno o più carotaggi campione per confrontare i dati relativi con l'osservazione diretta in modo tale da controllare la taratura della strumentazione.

2.6. RISULTATI DEI CONTROLLI ED ANALISI DEI DATI - CRITERI PER L'INTERVENTO

La fase propedeutica alla manutenzione è l'analisi dei dati che consentono la conoscenza dell'opera, sia dal punto di vista morfologico che prestazionale, attraverso le seguenti operazioni:

- rilievo del sistema;
- acquisizione dei dati;

I due punti trattati nei paragrafi precedenti consentono la creazione di una banca dati relativa a ciascun elemento strutturale e formata da dati inseriti con criteri standardizzati.

Fatta salva la valutazione degli esiti della prova di tenuta all'acqua delle vasche per la quale si rimanda a

indicazioni/prescrizioni a cura del Gestore del Serbatoio, nel presente capitolo saranno individuati ulteriori elementi di valutazione (valori di soglia, cause del degrado, possibili interventi, vincoli, priorità d'intervento), mediante i quali sarà possibile avere un quadro completo di informazioni tale da poter definire la tipologia dell'intervento ed i tempi per la sua realizzazione.

La “**scheda criteri per l'intervento**” raccoglie tutte le informazioni e conduce alla citata scelta definitiva.

2.6.1. Relazione sulle patologie e Valori di soglia

Il rilievo dati è anzitutto integrato da una relazione sulle patologie, derivante dal confronto tra stato rilevato e stato ottimo, con individuazione dei risultati da ritenere patologici; ciò presuppone la definizione di valori di soglia per i parametri misurati. È possibile individuare, per uno stesso indicatore di stato, anche più di un valore di soglia.

Tra i molteplici *valori di soglia* individuabili al fine di evidenziare i minimi livelli prestazionali da preservare, si segnalano:

- soglia d'intervento ottimale , che definisce i valori degli indicatori di stato al di sotto dei quali occorre prendere in considerazione l'eventualità di eseguire interventi di manutenzione straordinaria;
- soglia minima di intervento , che definisce i valori degli indicatori di stato al di sotto dei quali occorre senz'altro eseguire interventi di manutenzione straordinaria.

TIPO DI DEGRADO	SOGLIA DI INTERVENTO OTTIMALE	SOGLIA MINIMA DI INTERVENTO
1) DIFETTI LEGATI ALL'ACQUA		
trasudi/fuoriuscite d'acqua dalle pareti perimetrali delle vasche	Trasudi	Fuoriuscite
infiltrazioni in corrispondenza di giunti	Segni di umidità in corrispondenza del giunto	Percolazioni e/o infiltrazioni
infiltrazioni diffuse sulla superficie	Segni di umidità in corrispondenza di una porzione di parete o soletta	Percolazioni e/o infiltrazioni
infiltrazioni in corrispondenza di punti singoli	Segni di umidità	Percolazioni e/o infiltrazioni
2) DIFETTI DEL CALCESTRUZZO		
ammaloramento e/o distacchi superficiali del calcestruzzo	Calcestruzzo con lievi lesioni visibili in superficie	Porzioni di calcestruzzo distaccate

copriferro insufficiente	Andamento dei ferri visibile dalla superficie	Ferro d'armatura scoperto e in vista
- lesioni del calcestruzzo	Lesioni visibili < 1 mm	Lesioni visibili > 1 mm
3) DIFETTI PARTI METALLICHE		
ferri d'armatura: ossidazioni, riduzioni sezione resistente	Ferro d'armatura già visibile	Ferro d'armatura scoperto e in vista
supporti di ancoraggio: allentamento e/o rottura perni o bulloni	Elemento ancorato fisso, ma con allentamento di alcuni bulloni	Elemento ancorato non fisso
lesioni o "cricche" di saldatura	Presunti degradi della saldatura	Saldature non integre
sfogliamento vernice, ossidazione	Vernice con lesioni visibili superficialmente	Vernice sollevata su area > 10%

Tabella 2.2: Valori di soglia per ciascun tipo di degrado

2.6.2. Analisi delle cause di degrado

L'analisi delle cause di degrado è finalizzata all'individuazione e alla diagnosi delle patologie. In molti casi l'esecuzione d'interventi di manutenzione senza l'individuazione e la rimozione delle cause di degrado risulterebbe poco efficace, portando miglioramenti prestazionali di durata molto limitata nel tempo.

La diagnosi avviene attraverso le seguenti fasi:

- si prendono in considerazione gli stati del sistema ritenuti patologici;
- nel caso in cui per un elemento coesistano più patologie, si individuano quelle più significative;
- per ogni patologia si redigono dei diagrammi causa-degrado;
- si individuano le cause principali;
- se l'individuazione delle cause appare incerta, si provvede alla raccolta di dati più approfonditi.

I diagrammi causa-degrado, possono essere eseguiti per ogni elemento e per i degradi significativi; tali diagrammi costituiscono anche la base per l'implementazione di sistemi informatizzati di gestione della manutenzione.

In base alle esperienze maturate nella manutenzione, l'Amministrazione può compilare un manuale in cui siano raccolti e riportati i diagrammi causa-degrado con riferimento alle principali tipologie di ciascun elemento tecnico, con le principali patologie che possono verificarsi per essi (sarebbe auspicabile che tale raccolta dati fosse realizzata dall'insieme degli Enti gestori, al fine di ottenere una casistica soddisfacentemente ampia ed esauriente).

2.6.3. Individuazione degli interventi

In tale fase, devono essere individuati gli elementi sui quali intervenire e deve essere prevista e definita la tipologia dei lavori da eseguire. La scelta da attuare deve prevedere in primo luogo, quando possibile, la rimozione delle cause di degrado; in secondo luogo, occorre definire obiettivi e tecniche esecutive dei lavori.

Poiché le conoscenze e le tecnologie disponibili consentono più alternative tecniche per ogni tipo di intervento, il confronto tra diverse soluzioni va eseguito tenendo presenti sia le condizioni di fattibilità dello specifico intervento, sia la sua efficacia.

Tale efficacia deve essere valutata non solo in relazione alle prestazioni del sistema subito dopo le operazioni di manutenzione, ma anche in relazione alle sue prestazioni nel tempo.

Diventano allora essenziali i requisiti di affidabilità, capacità del sistema di mantenere le proprie prestazioni entro un range di valori prefissato, per un dato periodo di tempo ed in determinate condizioni d'uso, di sollecitazione, di manutenibilità e di attitudine ad essere oggetto di manutenzione.

2.6.4. Analisi dei vincoli e delle priorità

L'esecuzione degli interventi può essere soggetta a vincoli di varia natura, ossia a condizioni che devono essere rispettate e opportunamente valutate.

I principali vincoli sono dovuti all'interferenza tra le attività di manutenzione, al clima e, più in generale, alla circostanza di dover intervenire su di un sistema che offre un servizio che è sempre preferibile non interrompere.

Le operazioni di manutenzione, vanno classificate secondo una lista di priorità che tenga conto del livello e delle conseguenze del degrado e, talvolta, anche di particolari esigenze dell'Amministrazione; in tal modo, si possono distinguere tre classi principali di interventi:

1. il degrado di un elemento non comporta innesco di fenomeni di degrado in altri componenti e pericoli per la sicurezza: l'intervento può essere dilazionato nel tempo in funzione della severità e dell'estensione del degrado.
2. Il degrado di un elemento comporta l'innesco di fenomeni patologici in altri componenti (senza la compromissione immediata del requisito di sicurezza), con conseguente aumento
3. dei costi di manutenzione nel caso in cui non si intervenga tempestivamente: l'intervento deve essere eseguito con una certa urgenza.
4. il degrado porta alla compromissione del requisito di sicurezza: l'intervento deve essere eseguito al più presto.