



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale delle strade USTRA

DIRETTIVA
ANCORAGGI IN ROCCIA E
TERRENO

Edizione 2022 V3.13
ASTRA 12005

Colophon

Autori

Jeanneret Alain	USTRA N-SSI, presidenza
Schuler Willy	USTRA N-SSI
Matt Peter	Ingegnere consulente
von Matt Ueli	Studio di ingegneria, elaborazione

Sottogruppo Eventi sismici

Wenk Thomas	Studio di ingegneria
Laue Jan	ETHZ, IGT
von Matt Ueli	Studio di ingegneria, elaborazione

Traduzione

Servizio linguistico USTRA	fa fede la versione originale in tedesco, incluse le formule matematiche
----------------------------	--

A cura di

Ufficio federale delle strade USTRA
Divisione Reti stradali N
Standard e sicurezza infrastrutture SSI
3003 Berna

Ordinazione

Il documento può essere scaricato gratuitamente dal sito www.ustr.admin.ch.

© USTRA 2022

Riproduzione consentita, salvo a fini commerciali, con citazione della fonte.

Prefazione

La presente revisione della direttiva, pubblicata nel 1999, si è resa necessaria per motivi di carattere formale e contenutistico.

La validità al 31 dicembre 2004 era stata in un primo momento prorogata al 31 dicembre 2006 mediante comunicazione ai Cantoni in data 12 luglio 2005. In sede di revisione è stato necessario conformare la direttiva alle nuove norme SIA (Swisscode e Swisscondition). Per varie ragioni, tale adattamento ha richiesto ulteriori interventi, in quanto la norma SIA 267:2013 "Geotecnica" è meno esaustiva rispetto alla raccomandazione SIA V191:1995 "Vorgespannte Boden- und Felsanker". La norma SIA 267:2013 verte infatti in prevalenza sulla sicurezza nell'ambito del dimensionamento delle strutture portanti, mentre gli aspetti relativi a controllo e manutenzione sono affrontati in modo generico. L'USTRA ha quindi ravvisato la necessità di vagliare nuove soluzioni per migliorare il monitoraggio, riducendo al contempo i relativi costi e gli oneri manutentivi. La revisione della direttiva colma inoltre le lacune riscontrate dai committenti nelle Swisscondition SIA 118/267:2004 in materia di responsabilità in caso di difetti.

Negli ultimi tempi, per il fissaggio permanente di strutture portanti si utilizzano sempre più spesso tiranti di ancoraggio passivi, ovvero non sottoposti a pretensionamento: nel documento in oggetto sono state integrate disposizioni relative a questa tipologia, dato che committenti e progettisti si interrogano frequentemente sul funzionamento e sulle differenze rispetto ai tiranti precompressi.

Alla luce dei risultati di un'indagine cantonale sostenuta dall'USTRA, che ha evidenziato le carenze della norma SIA 267:2013 in relazione all'impatto sismico nelle opere ancorate, la presente revisione contiene indicazioni e precisazioni formulate da un apposito gruppo di lavoro per il corretto dimensionamento sismico delle suddette strutture.

La direttiva intende altresì sensibilizzare i responsabili di progetto riguardo alla cosiddetta reazione alcali-aggregati (RAA) del calcestruzzo, fenomeno particolarmente rilevante anche per le opere di sostegno: al riguardo sono ancora in corso progetti di ricerca, i cui risultati verranno resi noti dall'USTRA a tempo debito.

La presente edizione della direttiva, aggiornata e integrata, permetterà quindi di aumentare affidabilità e durata delle opere ancorate, senza comportare significativi incrementi di costi.

Ufficio federale delle strade

Jürg Röthlisberger
Direttore

Indice

Colophon	2	
Prefazione	3	
0	Introduzione	7
0.1	Organizzazione dei contenuti	7
0.2	Entrata in vigore e aggiornamenti	7
1	PARTE 1 Utilizzo di tiranti di ancoraggio attivi (precompressi)	8
1.1	Campo di applicazione e obiettivi.....	8
1.2	Considerazioni generali.....	8
1.3	Requisiti tecnici	8
1.4	Precisazioni e integrazioni alla norma SIA 267 [9] articolo 10.....	8
1.4.1	Struttura costruttiva e protezione anticorrosione	8
1.4.2	Realizzazione	9
1.4.3	Tiranti di ancoraggio con protezione completa contro la corrosione	9
1.4.4	Protezione limitata contro la corrosione (tiranti di ancoraggio con ciclo di vita inferiore ai 2 anni)	9
1.4.5	Monitoraggio.....	10
1.4.6	Responsabilità in caso di difetti	10
2	PARTE 2 Utilizzo di tiranti di ancoraggio passivi	11
2.1	Campo di applicazione e obiettivi.....	11
2.2	Considerazioni generali.....	11
2.3	Requisiti tecnici	11
2.4	Precisazioni e integrazioni alla norma SIA 267 [9].....	12
2.4.1	Sistema di ancoraggio e dimensionamento	12
2.4.2	Protezione contro la corrosione	12
2.4.3	Realizzazione e verifiche	12
2.4.4	Monitoraggio.....	13
2.4.5	Responsabilità in caso di difetti	13
3	PARTE 3 Manutenzione di opere ancorate	14
3.1	Campo di applicazione e obiettivi.....	14
3.2	Considerazioni generali.....	14
3.3	Integrazioni specifiche per i tiranti di ancoraggio	14
3.3.1	Informazioni generali.....	14
3.3.2	Opere messe in sicurezza con tiranti di ancoraggio attivi.....	14
3.3.3	Opere messe in sicurezza con tiranti di ancoraggio passivi	15
4	PARTE 4 Aspetti particolari per opere ancorate	16
4.1	Opere ancorate esposte all'azione di un terremoto	16
4.1.1	Campo di applicazione e obiettivi.....	16
4.1.2	Considerazioni generali.....	16
4.1.3	Verifica antisismica di nuove opere ancorate	16
4.1.4	Verifica antisismica di opere ancorate esistenti	18
4.2	Reazione alcali-aggregati del calcestruzzo (RAA).....	18
	Appendici	19
	Acronimi	41
	Riferimenti normativi e bibliografici	42
	Cronologia redazionale	43

0 Introduzione

0.1 Organizzazione dei contenuti

PARTE 1 Utilizzo di tiranti di ancoraggio attivi (precompressi)

La prima parte della direttiva tratta l'utilizzo di tiranti di ancoraggio attivi in opere nuove o ai fini del rinforzo di strutture già esistenti. Corrisponde alla Parte I dell'edizione del 1999, con adeguamenti alle nuove norme e lievi integrazioni.

PARTE 2 Utilizzo di tiranti di ancoraggio passivi

La seconda parte della direttiva, inserita ex novo, verte sull'utilizzo di tiranti di ancoraggio passivi in opere nuove o ai fini del rinforzo di strutture già esistenti. Poiché nella prassi sorgono spesso dubbi in merito al funzionamento e alle differenze di comportamento degli ancoraggi precompressi e non, nell'Appendice I sono riportati alcuni approfondimenti in merito alle disposizioni della PARTE 2 Utilizzo di tiranti di ancoraggio passivi.

PARTE 3 Manutenzione di opere ancorate

La terza parte della direttiva prende in esame la manutenzione di opere messe in sicurezza mediante tiranti attivi o passivi, realizzate o ripristinate in conformità alle norme e direttive più recenti (dal 1995 in poi). La regolamentazione della manutenzione di opere ancorate meno recenti, descritta in dettaglio nella Parte II della versione del 1999, viene ora specificata nell'Appendice II, in quanto non tutte le opere di questo tipo sono state controllate e ripristinate ai sensi della direttiva del 1999. L'Appendice II è una versione ridotta e leggermente riveduta della Parte II della prima edizione.

PARTE 4 Aspetti particolari per opere ancorate

La quarta parte della direttiva descrive alcuni aspetti particolari delle opere ancorate, ossia gli effetti sismici e la reazione alcali-aggregati del calcestruzzo (RAA). Per quanto riguarda gli effetti sismici, la norma SIA 267 [9] non è esaustiva e necessita di integrazioni; il fenomeno RAA risulta ad oggi poco studiato e non è ancora stato oggetto di normazione.

APPENDICI

La direttiva è corredata dei tre appendici seguenti.

Appendice I: Approfondimenti sulle disposizioni della Parte 2 Utilizzo di tiranti di ancoraggio passivi (non precompressi)

Appendice II: Manutenzione di opere ancorate meno recenti

Appendice III: Procedura per la manutenzione di opere ancorate.

0.2 Entrata in vigore e aggiornamenti

La presente direttiva entra in vigore in data 01.08.2007. La cronologia redazionale è riportata a pagina 43.

1 PARTE 1 Utilizzo di tiranti di ancoraggio attivi (precompressi)

1.1 Campo di applicazione e obiettivi

La Parte 1 della presente direttiva è vincolante per tutte le opere stradali con ancoraggi cofinanziate dalla Confederazione; l'obiettivo è far sì che tutti i committenti responsabili gestiscano l'impiego degli ancoraggi attivi secondo criteri uniformi.

1.2 Considerazioni generali

L'impiego degli ancoraggi attivi è opportuno laddove risulti più vantaggioso rispetto ad altre soluzioni tecniche.

Tale valutazione presuppone un confronto tra le varie opzioni disponibili, articolato sulla scorta della convenzione di utilizzazione e dei fondamenti progettuali (documento di riferimento "Base di progetto"), nonché di un piano di monitoraggio e manutenzione. Di norma, per le opere ancorate si ipotizza un ciclo di vita di 100 anni.

I risultati del confronto di varianti vengono poi illustrati in un rapporto tecnico, in base al quale committente e USTRA stabiliscono di concerto la variante esecutiva da prediligere.

1.3 Requisiti tecnici

In sede di progettazione, realizzazione, verifica e manutenzione dei tiranti di ancoraggio attivi occorre attenersi a quanto previsto dalla norma SIA 267 [9] articolo 10.

Il dimensionamento delle opere ancorate deve essere realizzato ai sensi delle norme SIA 260 [5], SIA 261 [6], SIA 262 [7], SIA 263 [8] e SIA 267 [9].

È consentito utilizzare soltanto sistemi a tiranti di ancoraggio certificati da un'omologazione tecnica svizzera (STA)¹⁾ e da una valutazione della conformità. I fornitori dei tiranti in parola e le imprese incaricate della perforazione devono disporre di un sistema di gestione qualità certificato ai sensi della norma ISO 9001 (2015).

1.4 Precisazioni e integrazioni alla norma SIA 267 [9] articolo 10

Tra parentesi si citano gli articoli di riferimento della norma SIA 267 [9].

1.4.1 Struttura costruttiva e protezione anticorrosione

Gli ancoraggi nei quali sussista il rischio che la forza di ancoraggio scenda al di sotto dei valori minimi richiesti, devono essere progettati in modo che sia possibile ritensionarli nuovamente (10.5.1.2).

Gli ancoraggi in aree franose o in rocce rigonfianti devono poter essere allentati di almeno 100 mm (10.5.1.2).

Gli ancoraggi attivi con un ciclo di vita superiore ai 2 anni devono avere una protezione completa contro la corrosione.

¹⁾ STA = Swiss Technical Approval

1.4.2 Realizzazione

Ogni tirante ancoraggio sarà dotato di un sistema di iniezione successiva multipla. (10.6.4.4)

Il lasso di tempo fra l'ultima iniezione e il test di trazione deve risultare adeguato per la verifica dei tiranti dell'opera (prova di tesatura): di norma è di almeno 7 giorni, mentre in caso di terreno di fondazione argilloso sono necessari almeno 10 giorni. Inoltre, il programma lavori deve prevedere tempo sufficiente per la realizzazione dei tiranti di prova, compresi gli appoggi, e per lo svolgimento e la valutazione delle prove sugli ancoraggi (10.7.2).

Per ogni ancoraggio è necessario determinare l'effettiva forza di bloccaggio mediante sollevamento della testata di ancoraggio. Lo stesso approccio si applica agli ancoraggi di misura (controllo della cella di carico) (10.6.4.6).

Se in fase di costruzione si rende necessario allentare nuovamente un tirante con cuneo di bloccaggio, ad esempio per migliorare la protezione anticorrosione posteriormente all'ancoraggio, il cuneo dell'elemento di trazione in acciaio non deve essere fissato nello stesso identico punto al momento del ritensionamento. Un secondo fissaggio con cuneo è consentito solo se il secondo punto d'attacco dista dal primo almeno 15 mm verso terra o si trova completamente all'esterno rispetto al primo.

1.4.3 Tiranti di ancoraggio con protezione completa contro la corrosione

Per tutti gli ancoraggi con protezione completa contro la corrosione, occorre misurare la resistività elettrica I nelle fasi di lavoro seguenti e documentare i relativi valori di misurazione (10.7.4.1).

- A dopo l'iniezione primaria
- B dopo ogni post-iniezione
- C prima della prova di tesatura
- D dopo la prova di tesatura, ancoraggio non tensionato
- E dopo il tensionamento a P_0
- F dopo il tensionamento a P_0 , testata di ancoraggio con iniezione completata
- G (per tiranti di misura) dopo il collegamento del cavo all'armadio di misurazione

La misurazione F si effettua in collaborazione con la direzione dei lavori (collaudo).

Nota: in presenza di evidenti scostamenti rispetto ai dati precedentemente rilevati, si consiglia di ripetere la misurazione F in condizioni meteorologiche favorevoli. In caso di corretta esecuzione della procedura fa fede il risultato migliore.

I tiranti dotati di testate di ancoraggio annegate nel calcestruzzo devono essere progettati in modo tale che in casi eccezionali (rimozione del calcestruzzo di sigillatura) la forza di ancoraggio esistente possa essere rilevata mediante sollevamento tramite martinetti di tensionamento (testata dei tiranti di controllo o sporgenza sufficiente dei tiranti). Ovviamente, le testate dei tiranti annegate nel calcestruzzo devono a loro volta essere elettricamente isolate dalla struttura portante.

Se le testate di ancoraggio sono annegate nel calcestruzzo, il copriferro deve misurare almeno 40 mm; è inoltre necessario garantire un'impermeabilità, un ritiro specifico estremamente ridotto e una perfetta adesione del calcestruzzo di sigillatura a quello della struttura portante.

1.4.4 Protezione limitata contro la corrosione (tiranti di ancoraggio con ciclo di vita inferiore ai 2 anni)

L'elemento di trazione in acciaio nella zona ancorata deve essere ricoperto da almeno 20 mm di malta cementizia, garantendo questo requisito mediante l'uso di distanziatori. (10.6.3.3)

Sulla lunghezza libera dell'ancoraggio l'elemento di trazione in acciaio deve essere rivestito con una guaina in plastica, riempita di un composto protettivo molle di grasso passivante, in modo da offrire protezione fin dietro la testata di ancoraggio. (10.6.3.3)

Nella zona della testata dell'ancoraggio è necessario proteggere l'elemento di trazione in acciaio, le parti esposte degli ancoraggi e la piastra con un rivestimento anticorrosivo, che offra buona aderenza e caratteristiche idrorepellenti e termostabili (10.6.3.3)

1.4.5 Monitoraggio

Tutte le opere ancorate devono essere dotate di tiranti di misura, il cui numero minimo è pari al 5% di tutti i tiranti di ancoraggio. L'articolo 10.7.5.4 prevede per ciascuna opera almeno tre tiranti di controllo o misura (due dei quali di quest'ultima tipologia).

Ogni opera con ancoraggi deve essere dotata di dispositivi per il monitoraggio delle deformazioni in grado di fornire dati significativi sul comportamento dell'opera stessa (10.7.5.1).

1.4.6 Responsabilità in caso di difetti

La responsabilità per le carenze qualitative dei tiranti di ancoraggio realizzati deve essere regolamentata nel contratto d'opera.

Capacità portante dei tiranti di ancoraggio

La capacità portante raggiungibile per ciascuna tipologia di suolo e la forza di bloccaggio consentita devono essere concordate in base a prove di messa in tensione rappresentative (10.7.2). Per i tiranti di ancoraggio con capacità portante insufficiente è necessario definire le modalità di determinazione del minor valore. Qualora fossero necessari ancoraggi supplementari per garantire la sicurezza strutturale secondo norma, il loro rimborso deve essere regolamentato.

Protezione contro la corrosione

È necessario definire quanti tiranti di ancoraggio possono scendere al di sotto del valore limite $R_t = 0,1 M\Omega$ in sede di collaudo (10.7.4.2). Se la percentuale consentita di mancato raggiungimento viene superata, l'impresa deve realizzare a proprie spese tiranti di ancoraggio sostitutivi. La posizione dei tiranti di ancoraggio sostitutivi è definita dai rappresentanti del committente in base alla sicurezza strutturale a lungo termine dell'opera.

2 PARTE 2 Utilizzo di tiranti di ancoraggio passivi

2.1 Campo di applicazione e obiettivi

La Parte 2 della presente direttiva è vincolante per tutte le opere stradali con ancoraggi cofinanziate dalla Confederazione; l'obiettivo è fare in modo che tutti i committenti responsabili gestiscano l'impiego degli ancoraggi passivi secondo criteri uniformi.

2.2 Considerazioni generali

I tiranti di ancoraggio passivi non sono equivalenti a quelli attivi in termini di efficacia, verifica e opzioni di monitoraggio. L'utilizzo di ancoraggi passivi è opportuno solo qualora apporti più vantaggi rispetto agli ancoraggi precompressi (pretesi) e ad altre soluzioni tecniche (Appendice I).

Tale valutazione presuppone un confronto tra le varie opzioni disponibili, articolato sulla scorta della convenzione di utilizzazione e della base di progetto, nonché di un piano di monitoraggio e manutenzione. Di norma, per le opere ancorate si ipotizza un ciclo di vita di 100 anni.

I risultati del confronto di varianti vengono poi illustrati in un rapporto tecnico, il cui scopo principale è corroborare in misura sufficiente i vantaggi rispetto a una soluzione con tiranti attivi; in base a tale relazione committente e USTRA stabiliscono di concerto la variante esecutiva da prediligere.

2.3 Requisiti tecnici

Per la progettazione, realizzazione, verifica e manutenzione dei tiranti di ancoraggio passivi ad aderenza totale occorre attenersi a quanto previsto dalla norma SIA 267 [9] articolo 11.

Il dimensionamento delle opere ancorate deve essere realizzato ai sensi delle norme SIA 260 [5], SIA 261 [6], SIA 262 [7], SIA 263 [8] e SIA 267 [9].

È consentito utilizzare solo sistemi di ancoraggio approfonditamente documentati e conformi ai requisiti della norma SIA 267 [9] articolo 11 (11.6.1.2). I fornitori dei tiranti di ancoraggio e le imprese incaricate della perforazione devono disporre di un sistema QM certificato ai sensi della norma ISO 9001 (2015).

Per applicazioni di tipo permanente è consentito utilizzare esclusivamente tiranti di ancoraggi in acciaio. Per gli ancoraggi permanenti con tiranti realizzati in materiali compositi fibrosi, come la vetroresina (VTR) o altri, sono necessarie apposite verifiche in merito alla rispettiva durabilità nonché l'approvazione dell'USTRA.

Per i tiranti di ancoraggio realizzati con normali tipi di acciaio per calcestruzzo ($f_{sk} < 750$ N/mm²) non è consentita la presenza di una lunghezza libera né l'utilizzo come tiranti attivi. Per gli ancoraggi precompressi si applica esclusivamente l'articolo 10 della norma SIA 267 [9] con i requisiti ivi formulati in materia di elementi di trazione, protezione contro la corrosione e verifiche.

Se per ridurre le deformazioni nell'area della testata è necessario applicare una forza di tensionamento a tiranti di ancoraggio passivi di tipo permanente e ad aderenza totale, tale forza non deve superare $0,2 F_{sk}$.

2.4 Precisazioni e integrazioni alla norma SIA 267 [9]

Tra parentesi si citano gli articoli di riferimento degli approfondimenti contenuti nell'Appendice I o nella norma SIA 267 [9].

2.4.1 Sistema di ancoraggio e dimensionamento

In ottica di scelta del sistema di ancoraggio, occorre tenere conto della differenza di funzionamento dei tiranti di ancoraggio passivi rispetto a quelli attivi (Appendice I.1).

Se si utilizzano tiranti di ancoraggio attivi e passivi nella stessa opera, le verifiche di sicurezza strutturale ed efficienza funzionale devono considerare la diversa efficacia delle due tipologie (Appendice I.2).

In linea di principio, i tiranti di ancoraggio non precompressi non sono idonei per la stabilizzazione di pendii franosi (Appendice I.3).

La lunghezza necessaria dei tiranti di ancoraggio passivi deve essere determinata utilizzando un modello geotecnico con il livello dell'acqua (di pendio) più elevato possibile. Occorre tenere sempre conto di una determinata presenza di acqua nonché una pressione di flusso nel caso di ancoraggi in corrispondenza di pendii e tagli di versante (Appendice I.4).

È necessario tenere in debita considerazione l'effetto delle variazioni di sollecitazione sulla capacità portante a lungo termine del tirante di ancoraggio (Appendice I.5).

Per gli ancoraggi in sottomurazione ("pareti chiodate"), bisogna analizzare tutte le fasi di costruzione più critiche (Appendice I.6).

2.4.2 Protezione contro la corrosione

Per gli ancoraggi passivi permanenti in materiale sciolto e in roccia fessurata realizzati con acciai non legati (11.6.3), occorre utilizzare almeno il livello di protezione 2. Nelle zone esposte ai sali antigelo, ad esempio sul lato a valle di una strada, è raccomandato il livello di protezione 3. Il livello 1 è sufficiente solo qualora si utilizzino acciai inossidabili Cr-Ni-Mo, ad es. i materiali 1.4462 o 1.4429; mentre nelle situazioni in cui si raccomanda il livello di protezione 3 è necessario garantire un rivestimento in malta di 40 mm.

L'impermeabilizzazione della guaina in plastica richiesta all'articolo 11.6.3.4 vale anche per le zone di accoppiamento dell'ancoraggio e della guaina. Nel caso di tiranti di ancoraggio pre-iniettati in fabbrica, la tenuta del rivestimento in plastica deve essere dimostrata dietro richiesta dal costruttore mediante misurazioni della resistività elettrica. La verifica avviene tramite misurazione della resistenza I ai sensi della norma SIA 267 [9] articolo 10.7.4. Il valore limite è pari a $R_i \geq 0.1 \text{ M}\Omega$.

La guaina in plastica deve penetrare nel calcestruzzo della struttura portante per almeno 100 mm. È necessario adottare misure progettuali per evitare il contatto metallico fra le testate di ancoraggio e l'armatura della struttura portante (Appendice I.7).

2.4.3 Realizzazione e verifiche

I tiranti di ancoraggio pre-iniettati in fabbrica devono essere trasportati, conservati e installati senza danneggiarne il rivestimento in plastica.

Per i tiranti di ancoraggio permanenti in materiale sciolto e in rocce non compatte sono necessarie perforazioni con rivestimento. L'iniezione primaria deve essere eseguita prima e durante lo sfilamento del tubo di rivestimento e deve avvenire "dal basso verso l'alto" mediante apposito tubo d'iniezione. Per i tiranti di ancoraggio in materiale sciolto è anche possibile eseguire l'iniezione direttamente in pressione attraverso il rivestimento.

In presenza di ancoraggi permanenti occorre effettuare almeno tre prove di estrazione per ogni zona di sottosuolo con caratteristiche geotecniche paragonabili (11.7.2.7).

Inoltre, per gli ancoraggi permanenti è necessario eseguire prove di trazione su almeno il 10% di tutti i tiranti di ancoraggio per verificare la qualità di esecuzione (11.7.5.3).

Nel caso degli ancoraggi permanenti è necessario sottoporre a misurazione della resistività elettrica almeno il 10% di tutti i tiranti che rientrano nei livelli di protezione 2 e 3. In presenza di accoppiamenti realizzati in cantiere, tali misurazioni devono interessare almeno il 20% dei tiranti di ancoraggio. Dopo l'installazione il valore della resistenza deve essere pari a $R_I \geq 0.1 \text{ M}\Omega$, mentre appena prima di annegare la testata di ancoraggio nel calcestruzzo (con l'armatura della struttura portante posata) tale valore deve essere $R_{II} \geq 100 \Omega$ (per la definizione di R_I e R_{II} vedere l'articolo 10.7.4).

2.4.4 Monitoraggio

Per ogni opera con ancoraggi è necessario installare apparecchiature per il monitoraggio delle deformazioni che forniscano dati significativi sul comportamento della struttura portante e del terreno di fondazione (11.7.7).

2.4.5 Responsabilità in caso di difetti

La responsabilità per le carenze qualitative dei tiranti di ancoraggio realizzati deve essere regolamentata nel contratto d'opera. In particolare, occorre stabilire per quanti tiranti di ancoraggio controllati si possa derogare dai requisiti in materia di protezione contro la corrosione di cui alla sezione 2.4.3. Se la percentuale consentita di mancato raggiungimento viene superata, l'impresa deve farsi carico di ulteriori misurazioni e interventi sostitutivi.

3 PARTE 3 Manutenzione di opere ancorate

3.1 Campo di applicazione e obiettivi

La Parte 3 della direttiva si applica alle opere ancorate che siano state dimensionate e realizzate sulla base della raccomandazione SIA V 191 [11], della precedente norma SIA 191/1:2001 o della norma SIA 267 [9]. La presente sezione è inoltre vincolante per le opere ancorate di realizzazione meno recente che siano state controllate e ripristinate ai sensi della Direttiva ASTRA 12005 "Boden- und Felsanker", edizione (1999) [3]. La Parte 3 intende agevolare l'applicazione di criteri uniformi per il monitoraggio e la manutenzione di tutte le opere ancorate delle strade nazionali.

Nota: la manutenzione di opere ancorate meno recenti e non ancora controllate ai sensi della Direttiva ASTRA 12005, (1999) [3] è regolamentata dall'Appendice II.

3.2 Considerazioni generali

Per la manutenzione di opere ancorate si applica la Direttiva ASTRA 12002 "Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrassen" [1].

Ai sensi della presente direttiva, per la manutenzione delle opere in parola rivestono fondamentale importanza le ispezioni principali a cadenza quinquennale, le ispezioni intermedie e quelle straordinarie in seguito a eventi particolari.

3.3 Integrazioni specifiche per i tiranti di ancoraggio

3.3.1 Informazioni generali

Assieme alle deformazioni e agli spostamenti dell'opera, la variazione delle forze di ancoraggio nel corso del tempo rappresenta il criterio di valutazione principale del comportamento delle opere ancorate. È necessario confrontare i valori di misurazione con le soglie di attenzione e allarme definite nel piano di monitoraggio; inoltre, le misure devono sempre essere riportate graficamente sull'asse temporale. Appena si delinea una determinata tendenza bisogna stabilirne le cause e valutare le possibili conseguenze per l'opera (previsione).

In occasione delle ispezioni principali occorre altresì verificare la funzionalità delle apparecchiature di monitoraggio.

3.3.2 Opere messe in sicurezza con tiranti di ancoraggio attivi

Per rilevare tempestivamente i cambiamenti occorsi con il passare del tempo è necessario misurare le forze di ancoraggio dei tiranti di misura a cadenza almeno annuale.

In caso di evidenti variazioni della forza, prima di effettuare ulteriori interventi è necessario verificare la funzionalità dello strumento di misurazione (batterie ecc.) e delle celle dinamometriche sollevando la testata di ancoraggio.

Durante le ispezioni principali occorre verificare anche la resistività elettrica R_i su tutte le testate di ancoraggio ispezionate e dotate di protezione completa contro la corrosione. A tal fine, oltre ai valori di misurazione è necessario verbalizzare anche le condizioni meteorologiche e la temperatura.

Se la resistività elettrica su singoli tiranti di ancoraggio risulta inferiore al valore limite $R_i = 0,1 \text{ M}\Omega$, non occorre necessariamente provvedere alla sostituzione. Prima di tutto bisogna eseguire misurazioni supplementari per determinare se R_i sia costantemente al di sotto del valore limite, ripetendo le operazioni in altre condizioni climatiche ed effettuando

l'ispezione e la misurazione direttamente sulla testata di ancoraggio. Se R_t è costantemente inferiore al valore limite, i tiranti di ancoraggio in questione devono essere controllati con particolare attenzione nel monitoraggio successivo, ad esempio sottoponendo a verifica la testata durante ogni ispezione principale. Se R_t è al di sotto del valore limite in numerosi tiranti di ancoraggio, è necessario rivolgersi a specialisti per stabilirne la causa e analizzare le conseguenze.

Durante le ispezioni principali occorre valutare l'eventuale necessità di sottoporre a manutenzione l'area delle testate di ancoraggio (protezione della testata dell'ancoraggio, cappello di protezione, guarnizioni, fissaggi, drenaggio degli armadi di misurazione, crescita di vegetazione ecc.). È inoltre necessario verbalizzare mutamenti anomali quali fuoriuscite d'acqua o formazione di crepe.

3.3.3 Opere messe in sicurezza con tiranti di ancoraggio passivi

A fronte dell'impossibilità di monitorare le forze di ancoraggio dei tiranti passivi ad aderenza totale, è necessario misurare almeno una volta le deformazioni e gli spostamenti dell'opera anche tra un'ispezione principale e quella successiva. Eventuali deroghe a questa regola vanno motivate nel piano di monitoraggio.

Le opere messe in sicurezza con tiranti passivi devono essere esaminate a ogni ispezione per individuare variazioni strutturali, come la formazione di crepe, fuoriuscite d'acqua, efflorescenze, deformazioni locali, ecc.

4 PARTE 4 Aspetti particolari per opere ancorate

4.1 Opere ancorate esposte all'azione di un terremoto

4.1.1 Campo di applicazione e obiettivi

La presente sezione è vincolante per tutte le opere stradali con ancoraggi cofinanziate dalla Confederazione; l'obiettivo è fare in modo che tutti i committenti responsabili verifichino la sicurezza antisismica delle opere ancorate secondo criteri uniformi.

4.1.2 Considerazioni generali

Ai sensi della norma SIA 261 [6] articolo 16.1.5 e a precisazione della norma SIA 267 [9] articolo 7.2.2, è necessario verificare la sicurezza strutturale di ogni opera con ancoraggi esposta all'azione di un terremoto.

Nota: la verifica antisismica per i casi non soggetti a esame ai sensi della norma SIA 267 [9] articolo 7.2.3, CO I e II in zona 1 e CO I in zona 2, non è di norma vincolante allo stato limite di tipo 2, in quanto l'azione sismica risulta compensata dai coefficienti di carico ridotti a 1,0. Tale principio non si applica tuttavia allo stato limite di tipo 3.

Per la verifica della sicurezza antisismica occorre distinguere fra il dimensionamento di nuove costruzioni e l'esame di opere già esistenti.

La procedura descritta nella sezione 4.1.3 si applica al dimensionamento di nuove opere ancorate e contiene varie precisazioni e integrazioni alla norma SIA 267 [9] articolo 7.

La sezione 4.1.4 contiene ulteriori indicazioni per l'esame di opere esistenti.

4.1.3 Verifica antisismica di nuove opere ancorate

Verifica dello stato limite di tipo 2

La resistenza di dimensionamento richiesta per l'ancoraggio va calcolata in considerazione dei seguenti aspetti:

Azioni

Azioni permanenti ai sensi delle norme SIA 261 [6] e SIA 267 [9] sulla base dei valori caratteristici del terreno, della geometria e del livello medio della falda (coefficienti di carico 1,0).

Azione sismica

La formula per la forza sostitutiva orizzontale ai sensi della norma SIA 267 [9] articolo 7.5.2.1 viene modificata con l'impiego di un parametro S, che varia in base alla classe del terreno di fondazione:

$$A_{h,d} = \gamma_f \cdot \frac{a_{gd} \cdot S}{g \cdot q_a} \cdot G_K$$

γ_f , a_{gd} e S

ai sensi della norma SIA 261 [6] articolo 16

q_a = tra 1,0 e 2,0

(a seconda dello spostamento ammissibile della parete, precisazione per la tabella 2 della norma SIA 267 [9]; vedi sotto).

Lo spostamento ammissibile della parete si determina con l'allungamento dei tiranti di ancoraggio tra la forza di ancoraggio presente P e la resistenza ultima dei tiranti stessi. Per il rapporto fra lo spostamento ammissibile della parete s_{zul} e il valore q_a non si applicano i valori standard della tabella 2 della norma SIA 267 [9], bensì le formule della EN 1998-5 [10] tabella 7.1.

$$q_a = 1,0 \quad \text{per} \quad s_{zul} < 200 \cdot \frac{a_{gd}}{g} \cdot S \text{ (mm)}$$

$$q_a = 1,5 \quad \text{per} \quad 200 \cdot \frac{a_{gd}}{g} \cdot S \leq s_{zul} < 300 \cdot \frac{a_{gd}}{g} \cdot S \text{ (mm)}$$

$$q_a = 2,0 \quad \text{per} \quad s_{zul} \geq 300 \cdot \frac{a_{gd}}{g} \cdot S \text{ (mm)}$$

Per tenere conto dell'incremento di spinta delle terre e dell'acqua dovuto all'azione sismica, nonché della conseguente riduzione delle resistenze delle terre (spinta passiva), possono essere utilizzate le formule di Mononobe-Okabe vedi EN 1998-5 Appendice E) [10].

Al riguardo si formulano le seguenti ipotesi:

- L'accelerazione verticale non può agire su entrambi i lati con effetto sfavorevole (non plausibile). Può essere applicata verso il basso sul lato attivo e ammessa nulla sul lato passivo. In alternativa, è applicata verso l'alto sul lato passivo e ammessa a zero sul lato attivo.
- L'effetto dinamico della pressione dell'acqua interstiziale viene tenuto in considerazione secondo quanto previsto dalla norma EN 1998-5 [10] articolo 7.3.2.3 (8) e Appendice E.6 (valido per terreni con permeabilità $k < 5 \cdot 10^{-4}$ m/s).
- La risultante dell'azione delle pressioni aggiuntive (= differenza fra le pressioni aumentate e le pressioni statiche) è applicata a $0,6 H$ (H = altezza della parete).

Resistenze

Valore di dimensionamento della resistenza delle terre ai sensi della norma SIA 267 [9] articolo 7.5.3.1 e 5.3.5.5 ($\gamma_M = 1,4$).

Valore di dimensionamento della resistenza dell'ancoraggio precompresso

Allo stato limite di tipo 2 il valore di dimensionamento della resistenza del tirante di ancoraggio può essere posto a $R_d = P_y = A_p \cdot f_p \cdot 0,1k$.

Nota: in ottica di praticità il calcolo viene eseguito gradualmente, iniziando con $q_a = 1,0$ (parete non mobile) e G_K ai sensi della norma SIA 267 [9] articolo 7.4.2. Se i valori risultanti da questa verifica non sono determinanti, non occorre effettuare ulteriori analisi (a favore di sicurezza). Se invece i valori derivanti dalla verifica risultano vincolanti, sulla base dello spostamento ammissibile della parete è possibile applicare un valore maggiore per q_a e calcolare le spinte delle terre e dell'acqua con le formule di Mononobe-Okabe. Inoltre, in caso di pareti di altezza superiore a 10 m è possibile eseguire un calcolo monodimensionale in campo aperto per onde in propagazione verticale, come previsto dalla norma EN 1998-5 [10] Appendice E.2, per ottenere un valore medio dell'accelerazione orizzontale del terreno.

Verifica dello stato limite di tipo 3; stabilità globale

Valori geotecnici X_d secondo la norma SIA 267 [9] articolo 5.3.2 (valori di dimensionamento).

Azione sismica

La formula per la forza sostitutiva orizzontale dello stato limite di tipo 2 viene modificata con il fattore q_h :

$$A_{h,d} = \gamma_f \cdot \frac{a_{gd} \cdot S}{g \cdot q_a \cdot q_h} \cdot G_K$$

Il valore q_a rappresenta la mobilità della parete di supporto come nel caso dello stato limite di tipo 2:

$q_a =$ tra 1,0 e 2,0.

q_h tiene conto del fatto che l'accelerazione massima non agisce contemporaneamente sull'intero corpo interessato dallo scivolamento. Il valore di q_h dipende quindi dallo spessore e dall'estensione del corpo in questione. Il valore di q_h è quindi compreso tra 1,0 e 2,5. Il

valore 1,0 si applica a corpi in scivolamento di piccole dimensioni, pari approssimativamente al cuneo di spinta attiva (spinta delle terre). Per i consueti calcoli secondo il metodo del cerchio di scorrimento si applica un valore $q_n = 1,5$. Per corpi in scivolamento di maggiori dimensioni, con uno spessore superiore ai 10 m e/o un'estensione di oltre 30 m, è applicato un valore $q_n =$ tra 2,0 e 2,5.

Se una criticità richiede un'analisi più precisa, è possibile stabilire l'accelerazione determinante con un calcolo dinamico non lineare dell'andamento orizzontale e verticale dell'accelerazione nel corpo interessato dallo scivolamento (fenomeni ondulatori). In tal sede non occorre di norma tenere conto dell'accelerazione verticale, in quanto nel complesso il suo effetto risulta spesso ampiamente compensato.

Valore di dimensionamento della resistenza dell'ancoraggio

Per gli ancoraggi prevalentemente sollecitati a trazione nella situazione di dimensionamento terremoto, è consentito un valore di $R_d = P_y$ se l'opera ancorata è in grado di sostenere lo spostamento corrispondente e gli ancoraggi sono abbastanza lunghi e fissati in un terreno stabile. Nel caso dei tiranti di ancoraggio che nella situazione di dimensionamento terremoto risultino solo parzialmente sottoposti a tensione supplementare (l'asse del tirante di ancoraggio è nettamente inclinato rispetto alla direzione dello spostamento), è necessario definire caso per caso un adeguato coefficiente per la forza di ancoraggio γ_A ai sensi della norma SIA 267 [9] articolo 0.5.2.2.3.

Nota: la procedura descritta non tiene conto del fatto che, in presenza di elevate velocità di sollecitazione, la resistenza al taglio del terreno di fondazione è solitamente maggiore rispetto alla sollecitazione statica, a meno che non si accumulino pressioni d'acqua interstiziali. Questa condizione non riguarda i terreni descritti nella norma SIA 267 [9] articolo 7.3.3, per i quali sono necessarie verifiche specifiche.

4.1.4 Verifica antisismica di opere ancorate esistenti

È possibile determinare l'accelerazione del terreno a_{gd} per mezzo della mappa delle isolinee del Servizio Sismico Svizzero (SED) (SED-ETHZ 9/02 SSL) in alternativa alla norma SIA 261 [6] articolo 16.2.1.2 e Appendice F (vedi la documentazione SIA D 0181 S.60 [12]).

In generale, l'accelerazione determinante del terreno può essere calcolata con analisi dinamiche non lineari.

Se l'esame di un'opera già esistente senza azione sismica non richiede alcun rinforzo della stessa, è ammissibile ridurre del 20% la resistenza di dimensionamento dell'ancoraggio necessaria a fronte dell'azione sismica (fattore di conformità 0,8). Qualora si renda necessario un rinforzo malgrado l'assenza di azione sismica, l'ancoraggio deve essere comunque dimensionato al 100% per tenere conto degli eventi sismici.

4.2 Reazione alcali-aggregati del calcestruzzo (RAA)

Spesso entrambe le superfici delle opere ancorate (per es. i muri di sostegno) sono esposte all'umidità, che deriva sia dal terreno di fondazione sia dagli eventi atmosferici. Da alcuni anni, su una parte di queste opere si rilevano danni dovuti alla RAA.

Per i criteri di riferimento e gli interventi in materia di costruzioni nuove e già esistenti, si rimanda alla documentazione ASTRA 82013 "Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR)" [2].

Appendici

I	Approfondimenti sulle disposizioni della PARTE 2 Utilizzo di tiranti di ancoraggio passivi	21
I.1	Differenze fondamentali fra tiranti di ancoraggio attivi e passivi	21
I.2	Variazioni delle forze e spostamenti dell'opera	21
I.3	Pendii franosi	22
I.4	Effetto dell'acqua di pendio	22
I.5	Sollecitazioni variabili	22
I.6	Fasi di costruzione	22
I.7	Protezione contro la corrosione	22
II	Manutenzione di opere ancorate meno recenti.....	23
II.1	Elementi generali	23
II.1.1	Campo di applicazione	23
II.1.2	Obiettivi	23
II.1.3	Considerazioni generali.....	23
II.1.4	Procedura generale	23
II.2	Informazioni procedurali dettagliate	27
II.2.2	Fase 2: Esame e ripristino delle singole opere	29
II.3	Progetto di intervento	34
II.4	Esecuzione degli interventi e redazione della documentazione dell'opera	34
III	Manutenzione di opere ancorate, procedura	35
III.1	Schema di valutazione per opere di sostegno con tiranti di ancoraggio attivi, valutazione dell'opera	37
III.2	Schema di valutazione per opere di sostegno con tiranti di ancoraggio attivi, raccomandazioni di intervento	39

I Approfondimenti sulle disposizioni della PARTE 2 Utilizzo di tiranti di ancoraggio passivi

I.1 Differenze fondamentali fra tiranti di ancoraggio attivi e passivi

Fig. I.1: Tabella di confronto fra tiranti di ancoraggio attivi e passivi.

	Tiranti di ancoraggio passivi	Tiranti di ancoraggio attivi
Capacità portante	Non viene determinata per tiranti di ancoraggio dell'opera (le prove di trazione non permettono di ottenere dati certi sulla capacità portante) Non verificabile nel corso del ciclo di vita	Viene determinata per ciascun tirante di ancoraggio Verificabile anche nel corso del ciclo di vita
Forza di ancoraggio	Si sviluppa solo quando intervengono spostamenti dell'opera (passiva) La sua entità non è nota e non è misurabile	Agisce completamente subito dopo la stabilizzazione (attiva) È misurabile nel corso del ciclo di vita nel caso dei tiranti di misura e controllo È regolabile secondo necessità (allentamento, ritensionamento)
Spostamenti dell'opera	Necessari per sviluppare le forze di ancoraggio Includono gli spostamenti degli ancoraggi e le deformazioni dell'intera struttura portante	A seconda del caso sono attivamente ridotti, in gran parte evitati o e addirittura rivolti verso il terreno
Monitoraggio	I singoli tiranti di ancoraggio non sono monitorabili L'intero ancoraggio è monitorabile solo mediante la misurazione delle deformazioni dell'opera	I tiranti di misura e controllo possono essere monitorati direttamente per l'intero ciclo di vita (forza e protezione contro la corrosione) A completamento del monitoraggio si misurano le deformazioni dell'opera

Dalle differenze elencate si evince la seguente regola generale: è possibile utilizzare i tiranti passivi nei casi in cui un singolo tirante di ancoraggio non contribuisca in modo rilevante alla sicurezza strutturale dell'opera e di singole parti (tra ≤ 3 e 5%) e laddove sia possibile tollerare spostamenti dell'opera dovuti al sistema.

I.2 Variazioni delle forze e spostamenti dell'opera

Nel caso di ancoraggi precompressi la forza di bloccaggio P_0 agisce immediatamente dopo la stabilizzazione dei tiranti di ancoraggio. La forza di ancoraggio varia successivamente solo in misura ridotta, in prevalenza a seguito di spostamenti dell'opera (principio della precompressione). Nel caso dei tiranti passivi ad aderenza totale sono necessari spostamenti fra il tratto e la testata di ancoraggio in modo da sviluppare le forze richieste. A seconda del terreno di fondazione e della lunghezza del tirante di ancoraggio, i conseguenti spostamenti dell'opera possono risultare notevoli. Se si utilizzano contemporaneamente tiranti di ancoraggio attivi e passivi, bisogna tenere conto delle differenze tra le due tipologie nel comportamento deformativo dovuto alla forza applicata. In sede di determinazione della sicurezza strutturale e dell'efficienza funzionale è necessario verificare la compatibilità delle deformazioni, nonché delle forze e delle resistenze di ancoraggio.

I.3 Pendii franosi

I tiranti passivi ad aderenza totale sviluppano la propria forza di aderenza parallelamente all'indurimento della miscela di iniezione e al consolidamento della parete della perforazione. Se in questo lasso di tempo si verificano spostamenti degni di nota fra la zona di ancoraggio e l'opera ancorata, la forza di aderenza fra tirante di ancoraggio e terreno di fondazione può risultarne permanentemente compromessa o addirittura venir meno. A seconda del terreno di fondazione e della lunghezza dei tiranti, questo processo può portare alla rottura dell'aderenza nella zona di ancoraggio ancor prima del montaggio della testata.

I.4 Effetto dell'acqua di pendio

A parità di condizioni geometriche e geotecniche, il corpo critico interessato dallo scivolamento risulta solitamente maggiore in presenza di acqua (di pendio) rispetto a un terreno di fondazione asciutto. Poiché nel caso dei tiranti passivi soltanto il tratto di tirante posto dietro alla superficie di scorrimento possiede un effetto stabilizzante, i tiranti dimensionati per terreni di fondazione asciutti possono risultare troppo corti e quindi inefficaci in presenza di acqua di pendio.

I.5 Sollecitazioni variabili

Per i tiranti attivi la forza di ancoraggio non varia, purché la forza di precompressione risulti superiore all'azione esterna. Al contrario, i tiranti di ancoraggio passivi reagiscono direttamente alle azioni esterne. Analogamente a quanto previsto dall'articolo 9.5.3.5 della norma SIA 267 [9], nel caso dei tiranti passivi è quindi necessario tenere conto dell'effetto di sollecitazioni variabili sulla capacità portante.

I.6 Fasi di costruzione

Per le pareti chiodate che non sono realizzate a scacchiera a più riprese, ai fini del dimensionamento dei tiranti di ancoraggio sono di regola determinanti le fasi di costruzione. Nella definizione dello svolgimento dei lavori è quindi necessario assicurarsi che i tiranti di ancoraggio già realizzati non vengano precocemente sottoposti a sollecitazione (perdita di capacità portante, vedi I.3).

I.7 Protezione contro la corrosione

Se la guaina di plastica presenta un danneggiamento e si forma un contatto elettrico fra la testata di ancoraggio e l'armatura dell'opera, viene a crearsi un macroelemento altamente impattante dove l'armatura dell'opera funge da catodo. Nel punto danneggiato all'interno della guaina sul tirante di ancoraggio, questa situazione può causare una forte erosione di materiale con corrosione perforante.

II Manutenzione di opere ancorate meno recenti

II.1 Elementi generali

II.1.1 Campo di applicazione

L'Appendice II si applica alle opere ancorate non realizzate ai sensi delle norme, direttive e raccomandazioni elencate a seguire e non sottoposte a verifica e ripristino secondo la Direttiva ASTRA "*Boden- und Felsanker*", edizione 1999:

- Direttiva ASTRA 12005 "Permanente Boden- und Felsanker" (1993) [4].
- Raccomandazione SIA V 191 "Vorgespannte Boden- und Felsanker" (1995) [11].
- Direttiva ASTRA 12005 "Boden- und Felsanker" (1999) [3].
- Norma SIA 267 "Geotecnica (2003) [9].

II.1.2 Obiettivi

Le opere ancorate di realizzazione meno recente devono presentare una sicurezza strutturale e un'efficienza funzionale sufficienti ai sensi della norma SIA 267 [9]. In caso contrario, tali requisiti devono essere garantiti mediante interventi strutturali e/o di monitoraggio.

La scelta degli interventi deve basarsi sul ciclo di vita residua dell'opera.

II.1.3 Considerazioni generali

Per ogni opera ancorata deve essere disponibile un piano di monitoraggio e manutenzione che fornisca informazioni sufficienti sulle condizioni e sulla funzionalità dell'ancoraggio.

In caso contrario, è necessario valutare le condizioni degli ancoraggi e redigere o rielaborare il piano di monitoraggio e manutenzione sulla scorta di una convenzione di utilizzazione e, nel caso in cui siano stati adottate misure strutturali, anche di una base di progetto.

Se i lavori interessano più opere ancorate, la sequenza di trattamento dipende dal potenziale di rischio delle singole opere.

Le informazioni relative a condizioni dell'opera ancorata, misure adottate e necessità di ulteriori interventi vanno registrate nella banca dati KUBA-DB.

II.1.4 Procedura generale

(vedi diagramma di flusso Fig. II.1 e II.2)

Fase 1: Inventario e valutazione delle opere ancorate meno recenti

1. Raccolta e analisi della documentazione disponibile di tutte le opere ancorate meno recenti.
2. Valutazione delle singole opere sulla base della tipologia di possibile cedimento della struttura portante, delle condizioni presunte dell'ancoraggio e relativa controllabilità, da cui prende le mosse la valutazione provvisoria delle opere.
3. Suddivisione delle opere in categorie sulla base della valutazione provvisoria e del potenziale di danno. Da questa suddivisione si evince il potenziale di rischio.
4. Registrazione dei dati in KUBA-DB.

Nota: da questa prima valutazione del rischio è eventualmente possibile dedurre la necessità di interventi urgenti per singole opere, quali limitazioni d'uso e operazioni di messa in sicurezza o monitoraggio.

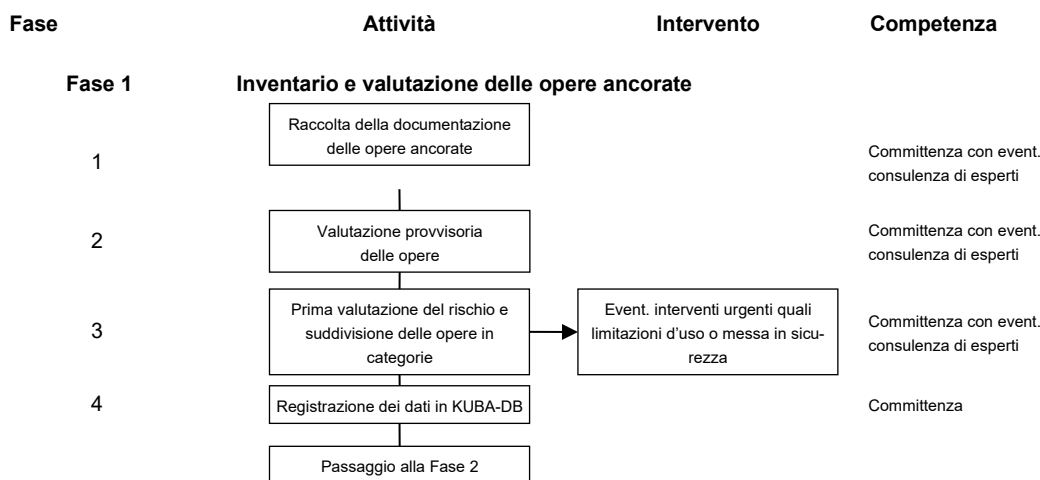


Fig. II.1: Manutenzione di opere ancorate meno recenti, diagramma di flusso Fase 1.

Fase 2: Esame e ripristino delle singole opere

Per ogni opera con ancoraggi meno recente occorre di norma eseguire le seguenti operazioni:

- Esame generale dell'ancoraggio con rilevamento dello stato generale e valutazione delle condizioni sulla base di un'ispezione e di un'indagine di calcolo approssimativa per l'analisi dell'ancoraggio in termini di funzionalità ed entità.
Se necessario e tecnicamente realizzabile ai fini della valutazione, occorre redigere un progetto di indagine per l'esame dettagliato dell'ancoraggio. A tale scopo è necessaria un'estensione del mandato da parte della committenza, che necessita di un rapporto intermedio a fini decisionali. Il progetto di indagine deve includere anche i lavori di manutenzione da eseguire nel contempo sulle testate di ancoraggio e prevedere un opportuno piano di monitoraggio.
- Esaminare i tiranti di ancoraggio sulla base del progetto di indagine, organizzando al tempo stesso i lavori di manutenzione necessari e parti del sistema di monitoraggio.

Nota: se non è possibile provvedere a un esame dettagliato dei tiranti di ancoraggio, ad esempio nel caso di dispositivi ad aderenza totale o in presenza di testate di ancoraggio non accessibili, è necessario sottoporre l'ancoraggio a un'analisi del rischio sulla base di pericoli presenti e prove a campione.

- Valutazione dei risultati dell'esame generale e dettagliato o dell'analisi del rischio dell'ancoraggio; i risultati vanno riportati in un rapporto di esame. Sulla base di questa seconda valutazione dettagliata del rischio occorre definire eventuale necessità e tempistiche di ulteriori interventi strutturali/o di monitoraggio. La proposta di interventi da adottare (piano di intervento) deve essere presentata alla committenza corredata di una stima dei costi. La committenza discute gli interventi proposti e stabilisce di concerto con l'USTRA come procedere.

Nota: a seconda della significatività della valutazione dettagliata del rischio, il piano di intervento può comprendere un ripristino completo e sufficiente per l'intero ciclo di vita residua dell'opera oppure, applicando il metodo di osservazione, prevedere soltanto gli interventi minimi necessari per un intervallo di tempo limitato, da verificare ed eventualmente integrare in un secondo momento.

8. Registrazione dei dati in KUBA-DB.
9. Progettazione dei necessari interventi strutturali e/o di monitoraggio con preventivo (progetto di intervento).
10. Esecuzione dei necessari interventi strutturali/o di monitoraggio e redazione o integrazione dei seguenti documenti:
 - Convenzione di utilizzazione
 - Base di progetto (per interventi strutturali)
 - Piano di monitoraggio
 - Piano di manutenzione
 - Documentazione di progetto
 - Rapporti
11. Registrazione dei dati in KUBA-DB.

Nota: tutte le attività delle Fasi 1 e 2 rientrano nella manutenzione strutturale.

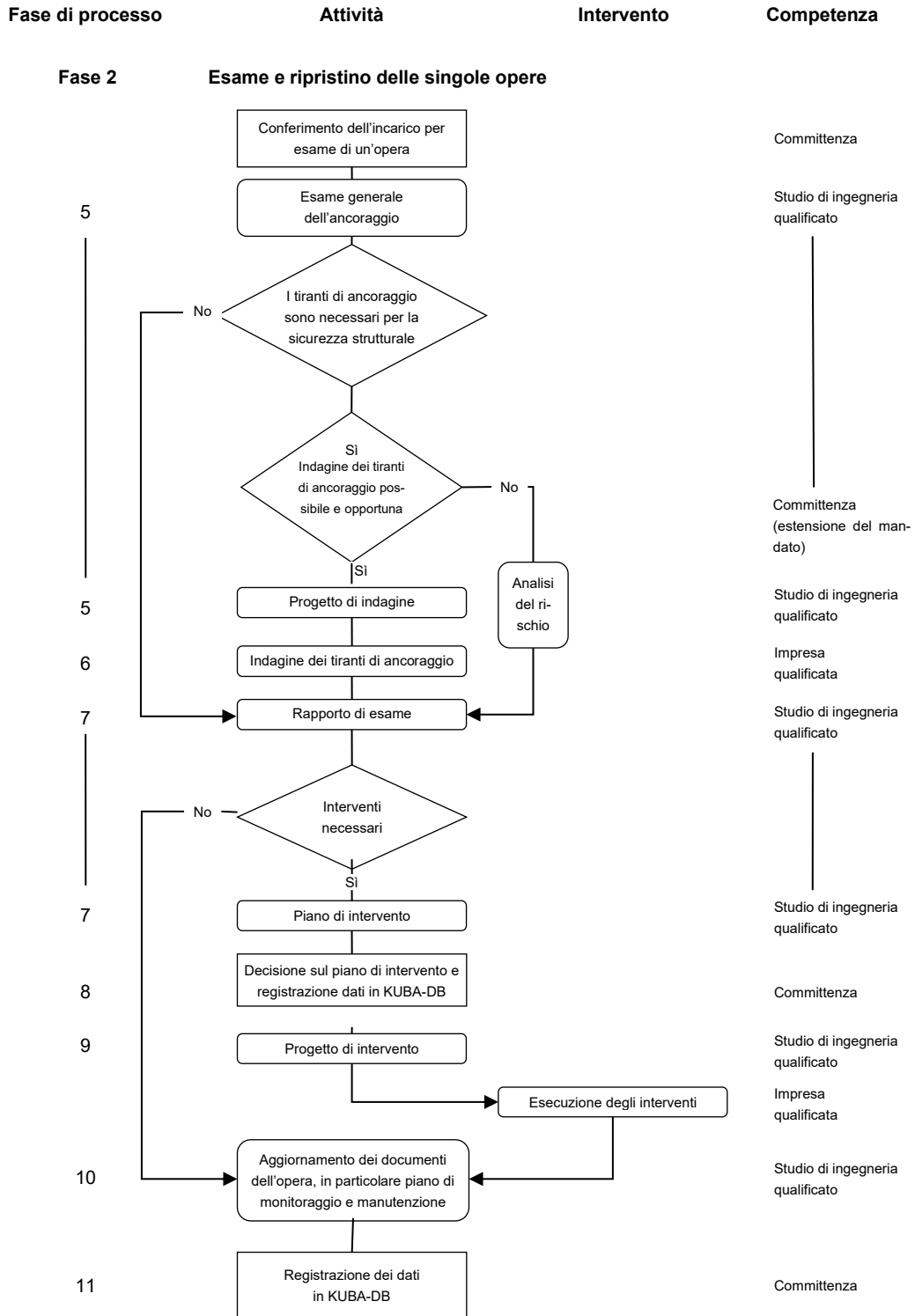


Fig. II.2: Manutenzione di opere ancorate meno recenti, diagramma di flusso Fase 2.

II.2 Informazioni procedurali dettagliate

II.2.1 Fase 1: Inventario e valutazione delle opere ancorate

Documentazione delle opere ancorate

Raccogliere la documentazione disponibile per tutte le opere ancorate, che deve di norma contenere le seguenti informazioni:

- Nome dell'opera, anno di costruzione e soggetti interessati
- Funzione dell'opera, l'opera, costruzioni e infrastrutture portanti a rischio
- Situazione geologica
- Tipologia costruttiva dell'opera con relativo schema
- Funzione dei tiranti di ancoraggio e ponderazione dell'importanza dei singoli dispositivi
- Dati dell'ancoraggi
- Fattori di rischio particolari per i tiranti di ancoraggio;
- Documenti di costruzione
- Dispositivi di monitoraggio presenti e risultati ottenuti
- Verifiche eseguite e lavori di manutenzione realizzati
- Stato attuale dell'ancoraggio e dell'opera

Valutazione provvisoria delle opere ancorate

Le opere vengono sottoposte a una valutazione provvisoria sulla base della documentazione disponibile e di un'ispezione straordinaria. Se possibile, durante l'ispezione occorre rimuovere a campione singole cappellotti di protezione delle testate dei tiranti per meglio valutare lo stato dell'ancoraggio. Per la valutazione provvisoria delle opere si adottano i criteri riportati nella tabella seguente:

Fig. II.3: Tabella per la valutazione provvisoria dell'opera.

Criterio/Punti di valutazione	regolare	carente	critico
Tipo di cedimento	0	1	2
Stato presunto dell'ancoraggio	0	1	2
Controllabilità dei tiranti	0	1	2

Dalla somma dei punti si ottiene il risultato della valutazione provvisoria dell'opera.

Nota: lo schema di valutazione è fortemente semplificato. La plausibilità del risultato deve essere sempre verificata. Se più opere totalizzano lo stesso numero di punti di valutazione, lo schema deve essere perfezionato per il singolo caso.

Fig. II.4: Scala di classificazione dello stato per la registrazione in KUBA-DB.

Stato presunto dell'ancoraggio	Classificazione in KUBA-DB
regolare (0)	⇒ 1 o 2
carente (1)	⇒ 3
critico (2)	⇒ 4 o 5

Chiarimenti sui singoli criteri:

Tipo di cedimento

Il tipo di cedimento di un'opera con ancoraggi è considerato "regolare" se:

- la stabilità della struttura portante non è compromessa dalla rottura di un singolo tirante di ancoraggio: in tal caso non si verifica il cedimento di parti dell'opera
- prima del cedimento la struttura portante è in grado di reagire a un aumento delle sollecitazioni con deformazioni elastiche e/o plastiche, senza che rottura fragile.

Stato presunto dell'ancoraggio

Lo stato dell'ancoraggio è considerato "regolare" se:

- i tiranti di ancoraggio sono stati testati con una forza di prova sufficientemente elevata senza che si raggiunga la resistenza ultima esterna ($P_p \geq 1,25 P_0$)
- i tiranti di ancoraggio sono dotati di protezione contro la corrosione
- le aree delle testate di ancoraggio non presentano danni da corrosione e deterioramento, danni meccanici, fuoriuscite d'acqua rilevanti, impurità non comuni e crescita di vegetazione
- l'opera con ancoraggi non presenta crepe, deformazioni, spostamenti o altri danni non accettabili.

Controllabilità degli ancoraggi

La controllabilità dei tiranti di ancoraggio è considerata "regolare" se:

- tutti i tiranti di ancoraggio sono concepiti come tiranti di controllo oppure
- il comportamento portante delle opere può essere valutato sulla base di misurazioni delle deformazioni e rilevamenti rappresentativi della forza di ancoraggio. Questa condizione è soddisfatta se sono disponibili dispositivi per la misurazione degli spostamenti di opere e terreno e i tiranti di ancoraggio sono realizzati sotto forma di tiranti di controllo in percentuale pari al 5-10%.

Nota: il livello di sicurezza basilare dell'opera (ipotesi per il dimensionamento, grado di precompressione, sicurezza della stabilità ecc.) è un fattore fondamentale per la valutazione del rischio. Spesso il livello di sicurezza non è però ancora noto a questo stadio di valutazione.

Suddivisione delle opere ancorate in categorie

Le opere sono suddivise nelle categorie da A a D in base alla valutazione provvisoria effettuata e alla loro importanza (potenziale di danno) ai sensi della norma SIA 261 articolo 16.3, tabella 26 [6]. L'attribuzione è effettuata in base alla tabella seguente.

Fig. 11.5: Schema per la suddivisione delle opere nelle categorie A-D.

CO	Importanza dell'opera		Valutazione provvisoria dell'opera						
			0	1	2	3	4	5	6
I	basso	potenziale di danno	D	D	D	C	C	B	B
II	medio	potenziale di danno	D	D	C	C	B	B	A
III	elevato	potenziale di danno	D	C	C	B	B	A	A

La categoria dell'opera determina il relativo potenziale di rischio:

- A Lavori ed esame devono essere eseguiti immediatamente. È inoltre necessario verificare l'eventuale necessità di interventi urgenti (limitazioni d'uso, interventi di messa in sicurezza o monitoraggio).
- B / C / D Lavori ed esame devono essere eseguiti nell'ordine previsto.

II.2.2 Fase 2: Esame e ripristino delle singole opere

Esame generale dell'ancoraggio

Il rilevamento dello stato generale dell'ancoraggio e l'indagine di calcolo approssimativa della funzione ed entità dello stesso (numero di tiranti di ancoraggio, forza di ancoraggio complessiva) devono consentire di valutarne lo stato in relazione a sicurezza strutturale, efficienza funzionale e durabilità dell'opera ancorata. Da queste informazioni si devono ricavare raccomandazioni sulla procedura da seguire: in particolare è necessario valutare necessità, opportunità e fattibilità tecnica di un esame dettagliato con ulteriori indagini, oppure stabilire l'eventuale esigenza di sottoporre l'ancoraggio a un'analisi del rischio in caso di impossibilità di esaminare i tiranti.

Rilevamento dello stato generale

- **Obiettivi**
Rilevamento dello stato generale dell'ancoraggio e della controllabilità.
- **Procedura**
 1. Eseguire uno studio approfondito di tutti i documenti di costruzione, in particolare dello storico e dei dati dell'ancoraggio, dal quale si deve ottenere una descrizione dettagliata di strutture di ancoraggio presenti nonché aree critiche dal punto di vista della durabilità e relativa controllabilità.
 2. Eseguire un'ispezione dell'opera con ancoraggi, adottando una procedura opportuna in considerazione delle informazioni disponibili sull'ancoraggio, dell'accessibilità delle testate di ancoraggio e del relativo stato visibile. Spesso è sufficiente una semplice ispezione visiva dell'opera, dell'ambiente circostante e delle testate di ancoraggio. In altri casi può essere opportuno scoprire singole testate di ancoraggio a campione per ispezionarle e rilevarne la forza di ancoraggio mediante sollevamento.
 3. Raccogliere le informazioni note e mancanti in relazione allo stato dell'ancoraggio per determinarne lo stato generale presunto; a tal fine, è necessario indicare il livello di significatività della descrizione dello stato. Inoltre, laddove necessario, occorre descrivere le possibili modalità di ottenimento delle informazioni mancanti.

Indagine di calcolo

- **Obiettivi**
L'indagine di calcolo dell'opera con ancoraggi deve fornire informazioni sulla sua portanza nominale e sull'importanza dell'ancoraggio.
- **Procedura**
In base alle norme SIA 260-267 è necessario eseguire un calcolo di verifica di massima per l'ancoraggio, ad esempio in una o due sezioni rappresentative. Ipotizzando che i tiranti di ancoraggio presenti siano intatti e che presentino la forza teorica prevista, da tale calcolo di verifica risulta la portanza nominale dell'opera.

Valutazione dello stato

- **Obiettivi**
La valutazione dello stato deve fornire informazioni generali in merito a sicurezza strutturale, efficienza funzionale e durabilità dell'opera con ancoraggi.
- **Procedura**
Occorre prima di tutto valutare se la portanza nominale rilevata tramite indagine di calcolo sia sufficiente. Da questa informazione si desume il grado di importanza che l'ancoraggio assume per l'opera. È altresì necessario evidenziare le conseguenze dell'eventuale cedimento di singoli tiranti. In base a queste analisi e ai risultati del rilevamento dello stato generale bisogna quindi stabilire se e con quale grado di certezza sia possibile valutare lo stato dell'opera; occorre dunque accertare la possibilità di confermare sicurezza strutturale ed efficienza funzionale nonché fornire informazioni sull'ulteriore evoluzione dello stato.
I risultati dell'esame generale devono essere riportati in un apposito rapporto che includa raccomandazioni sulla procedura da seguire. Per le indagini o gli interventi proposti è necessario stilare una stima dei costi e un calendario delle scadenze.

Nota: l'esame generale di un ancoraggio meno recente può portare a risultati notevolmente divergenti in termini di qualità, ad esempio nelle seguenti situazioni:

- *l'ancoraggio è necessario/non è necessario per la sicurezza strutturale e per l'efficienza funzionale dell'opera;*
- *l'ancoraggio presenta diffusi danni da corrosione irreparabili/riparabili;*
- *la funzionalità dell'ancoraggio presente è accertabile/non accertabile mediante esame dettagliato;*
- *il cedimento di un singolo tirante di ancoraggio comporta conseguenze gravi/non gravi;*
- *il cedimento di un singolo tirante di ancoraggio è rilevabile/non è rilevabile tempestivamente tramite interventi di monitoraggio.*

A seconda del caso, sulla base dell'esame generale è possibile elaborare una chiara e netta valutazione dello stato (rapporto di esame vero e proprio). In alternativa, tale valutazione dovrà e limitarsi a ipotesi da appurare mediante ulteriori indagini (rapporto intermedio).

Esame dettagliato con lavori di manutenzione e sistema di monitoraggio

Se in base ai risultati dell'esame generale si rendono possibili e opportune ulteriori indagini per il rilevamento dello stato dell'ancoraggio, è necessario redigere un progetto di indagine con capitolato d'onori (previa assegnazione di un apposito incarico da parte della committenza sulla base di un rapporto intermedio). Il progetto deve comprendere anche i lavori di manutenzione, da eseguire idealmente in contemporanea con il rilevamento dello stato e l'installazione di dispositivi di monitoraggio (strumentazione).

Indagine dei tiranti di ancoraggio

- **Obiettivi**

L'indagine a cui vengono sottoposti i tiranti di ancoraggio è atta a fornire informazioni sullo stato e sulla forza di ancoraggio presente.

- **Procedura**

Di norma si procede nel modo seguente:

1. Controllo visivo di tutte le testate di ancoraggio accessibili (inizialmente senza smontare i cappellotti di protezione) volto a individuare danneggiamenti, fenomeni di corrosione, fuoriuscite d'acqua ecc.
2. Rilevamento delle deformazioni dell'opera e del terreno. Si esegue una misurazione di controllo con tutte le apparecchiature disponibili a tal fine. È inoltre necessario eseguire un'ispezione dell'opera e dell'ambiente circostante.
3. Indagine più approfondita su un numero rappresentativo di tiranti di ancoraggio
 - a. Smontaggio dei cappellotti di protezione o rimozione del calcestruzzo protettivo e valutazione della protezione contro la corrosione e dello stato della testata di ancoraggio. Nel caso in cui questa presenti aperture nella testata di ancoraggio, la zona retrostante deve essere ispezionata con un endoscopio.
 - b. Se possibile, rilevare la forza di ancoraggio presente sollevando la testata. Sui tiranti di ancoraggio dotati di celle dinamometriche eseguire contemporaneamente una misurazione della forza (controllo della funzionalità delle celle di carico).
 - c. Controllo di alcuni tiranti, in particolare di quelli interessati da perdite di forza sopra la media, mediante apposita prova di tesatura, normalmente a 3 stadi, fino a un valore di $P_p \geq 1,25 P_0$. Come tasso di viscosità ammissibile si ipotizza il valore $k_{adm} = 0,50$ mm. Da questa prova di tesatura si traggono conclusioni sulla capacità portante del corpo di ancoraggio e su eventuali danni da corrosione sull'acciaio del tirante.
4. Indagine sulle condizioni strutturali dell'opera, in particolare dei componenti di introduzione delle forze di ancoraggio. Di norma è sufficiente un'ispezione visiva dettagliata. In casi critici è necessario disporre ulteriori indagini quali: rilevamento del copriferro, misurazione del potenziale, rilevamento della carbonatazione e dei contenuti di cloruri nel calcestruzzo, danneggiamento causato dalla RAA ecc.

Lavori di manutenzione

- **Obiettivi**
In sede di analisi dell'ancoraggio occorre altresì eseguire i lavori di manutenzione di evidente necessità.
- **Procedura**
 1. **Ritensionamento o allentamento dei tiranti di ancoraggio**
In alcuni casi è opportuno ritensionare o allentare i tiranti di ancoraggio per riportarli alla forza teorica. Il progetto di indagine deve indicare se e a partire da quale percentuale di perdita o aumento della forza sia necessario eseguire un ritensionamento o un allentamento.
 2. **Iniezioni supplementari e/o drenaggi**
Se dietro la testata di ancoraggio si rilevano cavità all'interno o all'esterno della guaina dell'elemento di trazione in acciaio, è necessario effettuare iniezioni con una sospensione cementizia o con un materiale anticorrosivo idoneo. Se si osservano fuoriuscite d'acqua nella zona della testata di ancoraggio, occorre tentare di arrestarle per mezzo di iniezioni o altri interventi idonei o di deviarle dalla testata di ancoraggio con perforazioni di drenaggio.
 3. **Protezione contro la corrosione della testata di ancoraggio**
Dopo aver eseguito l'indagine sui tiranti di ancoraggio, è necessario ripristinare la protezione contro la corrosione della testata di ancoraggio. A tal fine occorre di norma eseguire le seguenti operazioni:
 - Pulizia (sabbatura o levigatura) della piastra e rivestimento con vernice protettiva.
 - Pulizia manuale o a vapore della testata di ancoraggio e delle sporgenze dell'elemento di trazione, con successiva applicazione di un mastice anticorrosivo idoneo.
 - Pulizia e rivestimento o sostituzione della calotta di protezione e sostituzione della guarnizione.
 - Apertura di un foro di aerazione Ø 6 mm nel punto più profondo della calotta di protezione per evitare l'accumulo di acqua di condensa.
 4. **Ulteriori lavori di manutenzione**
A seconda dell'opera possono essere necessari ulteriori lavori, ad esempio:
 - Ripristino del drenaggio di pozzetti di tiranti di misura.
 - Installazione di tettoie protettive contro la caduta massi.
 - Montaggio di scalette e piattaforme per migliorare l'accessibilità dei tiranti di controllo.
 - Iniezioni nelle fessure del calcestruzzo della struttura.
 - Ripristino o rivestimento delle superfici in calcestruzzo.
 - Pulizia delle rocce.
 - Sostituzione di chiodi da roccia (tiranti di ancoraggio passivi).
 - Perforazioni di drenaggio, ripristino di drenaggi.
 - Impermeabilizzazioni dell'opera.
 - Piantumazione o potatura di cespugli e alberi.

Sistema di monitoraggio

- **Obiettivi**
L'opera con ancoraggi deve essere dotata di un sistema di monitoraggio che fornisca informazioni significative.
- **Procedura**
Basandosi sugli eventuali dispositivi presenti, occorre concepire un sistema di monitoraggio adeguato all'opera e alle condizioni geologiche.
Se nel sistema vengono integrate apparecchiature di monitoraggio esistenti, è necessario verificarne la funzionalità.
L'installazione di dispositivi supplementari deve essere programmata il prima possibile.
Dopo l'installazione è necessario eseguire una misurazione iniziale.

Esecuzione del progetto di indagine

I lavori devono essere svolti sotto la guida di uno specialista e affidati a un'azienda qualificata del settore, che non deve necessariamente coincidere con l'impresa fornitrice dei tiranti di ancoraggio installati.

Il progetto di indagine va costantemente adattato ai risultati di volta in volta ottenuti.

Se nel corso dell'analisi dei tiranti di ancoraggio si rilevano rotture negli elementi di trazione in acciaio, questi ultimi devono essere smontati e sottoposti tempestivamente a un'indagine tecnica della corrosione da parte di un centro di controllo qualificato.

Analisi del rischio

Se si rendono necessari ulteriori approfondimenti sulla base dell'esame generale, ma non è possibile controllare i tiranti di ancoraggio per motivi di carattere tecnico-economico (tiranti di ancoraggio ad aderenza totale, inaccessibilità delle testate di ancoraggio), occorre eseguire un'analisi del rischio dell'ancoraggio.

- **Obiettivi**
L'analisi del rischio è volta a fornire informazioni sugli interventi minimi necessari a garantire la sicurezza strutturale e l'efficienza funzionale dell'opera per una durata da concordare (ad es. 25 anni). Gli interventi devono essere pianificati in modo che una volta trascorso il periodo concordato siano disponibili informazioni sufficienti per valutare la necessità di ulteriori misure (metodo di osservazione).
- **Procedura**
 1. **Valutazione del rischio**
I seguenti fattori di incidenza sulla sicurezza vengono valutati e ponderati caso per caso, ad es. con un sistema a punti:
 - **Rischio per i singoli tiranti di ancoraggio.**
Possibili elementi da valutare: struttura e tipo di ancoraggio, infiltrazione d'acqua, esposizione ai cloruri, capacità portante, livello di tensionamento.
 - **Funzione della struttura portante.**
Possibili elementi da valutare: stabilizzazione di pendii, messa in sicurezza dei tagli di versante, rivestimenti della roccia, ancoraggio di forze di trazione esterne.
 - **Importanza dei singoli tiranti di ancoraggio.**
Possibili elementi da valutare: numero di tiranti di ancoraggio, ridondanza del sistema portante, conseguenze della rottura di un tirante.
 - **Tipologia e conseguenze del cedimento della struttura portante.**
Elementi da valutare al riguardo sono ad esempio: cedimento fragile o accompagnato da deformazioni misurabili, rischio a carico di importanti direttrici di trasporto ed edifici.
 2. **Indagini supplementari**
Spesso è necessario eseguire indagini supplementari per migliorare la significatività della valutazione del rischio, ad es.:
 - Calcolo di verifica statica.
 - Sondaggi.

- Analisi dell'acqua.
 - Rimozione della copertura da singole testate di ancoraggio.
3. Interpretazione della valutazione del rischio
- Il risultato della valutazione del rischio deve permettere di definire gli interventi strutturali e/o di monitoraggio atti a raggiungere gli obiettivi dell'analisi del rischio, evidenziando anche le possibili varianti.

Rapporto di esame e piano di intervento

È necessario redigere un rapporto di esame esaustivo e documentato sulle indagini svolte e sull'analisi del rischio.

Il rapporto deve consentire una valutazione riassuntiva dello stato dell'ancoraggio e dell'opera e permettere di formulare una previsione sulla futura evoluzione dello stato. In base a tali informazioni occorre quindi definire gli eventuali interventi finalizzati a garantire la sicurezza strutturale e l'efficienza funzionale per il ciclo di vita residua o per un determinato lasso di tempo. In sede di valutazione degli interventi e della loro entità è necessario tenere conto del comportamento pregresso dell'opera.

In linea di massima si possono ponderare i seguenti interventi tra loro combinabili:

- Incremento del livello di monitoraggio.
- Disposizione di ulteriori apparecchiature di monitoraggio.
- Limitazioni d'uso.
- Installazione di tiranti di ancoraggio supplementari o sostitutivi.
- Modifica del sistema portante.

Oltre a una proposta concreta in merito alle misure da adottare (piano di intervento), il rapporto di esame deve indicare le tempistiche di realizzazione e l'eventuale possibilità di scaglionamento degli interventi.

Il suddetto rapporto, corredato della stima dei costi di intervento, deve essere sottoposto alla committenza in ottica di decisione finale.

II.3 Progetto di intervento

Gli interventi decisi dalla committenza sulla base del rapporto di esame e volti a garantire una sufficiente sicurezza strutturale dell'opera con ancoraggi devono essere oggetto di progettazione, descrizione dettagliata e offerta da parte di un'impresa qualificata. Nell'ordine di assegnazione devono essere ponderate con particolare attenzione la qualità dell'impresa e l'esperienza maturata dai referenti indicati nel settore dei tiranti di ancoraggio.

II.4 Esecuzione degli interventi e redazione della documentazione dell'opera

I lavori devono essere supervisionati da un ingegnere con comprovate e approfondite competenze nel settore dei tiranti di ancoraggio. È auspicabile che la direzione lavori o perlomeno il supporto tecnico siano affidati al progettista.

Gli eventuali ancoraggi sostitutivi o supplementari devono essere realizzati e controllati in conformità alla Parte I della presente direttiva.

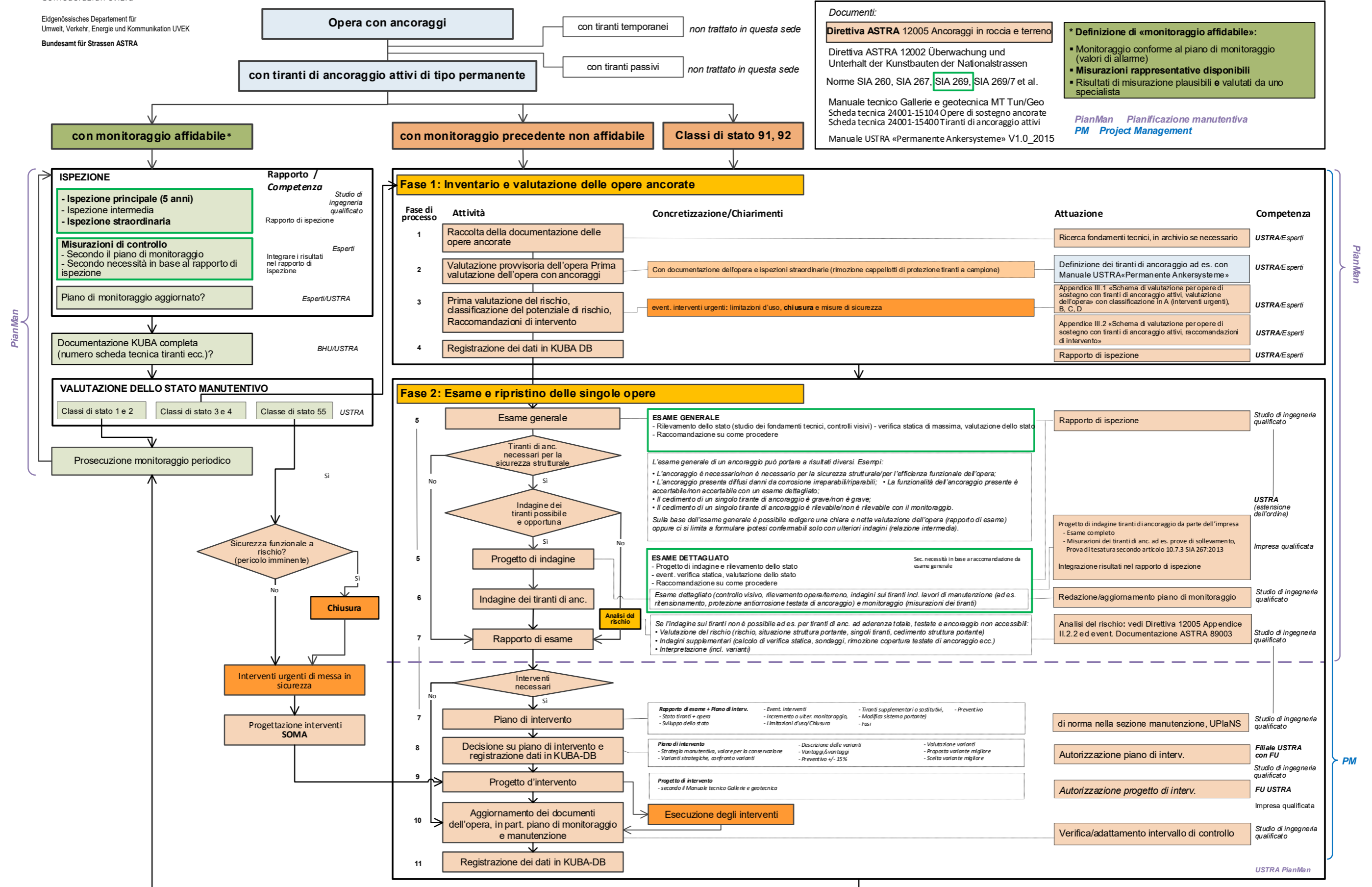
Se durante l'esecuzione dei lavori emergono nuovi elementi rilevanti ai fini della valutazione della sicurezza strutturale, la direzione dei lavori è tenuta a informare immediatamente il progettista. Quest'ultimo provvederà a riesaminare quanto prima il progetto sulla base degli aggiornamenti ricevuti, in modo che confluiscono nelle operazioni in corso.

Al termine dei lavori è necessario redigere o integrare la documentazione dell'opera. Inoltre, i relativi dati devono essere registrati nel database KUBA-DB.

III Manutenzione di opere ancorate, procedura

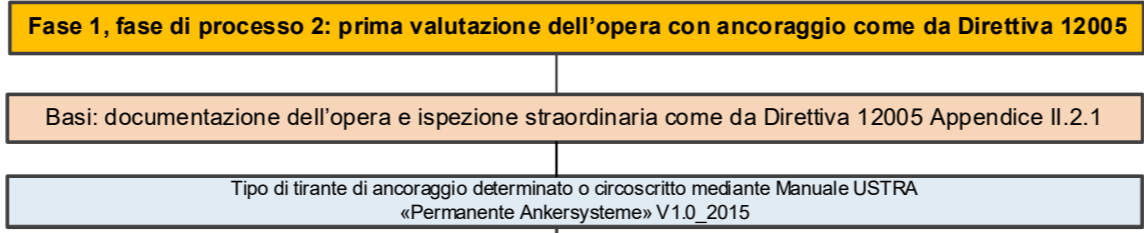
Nota: per una migliore leggibilità (direttiva senza Appendice III in formato A4 e Appendice III in formato A3) si consiglia di spuntare la casella "Scegli alimentazione secondo dimensioni pagina PDF" nelle impostazioni di stampa.

Appendice III: Manutenzione di opere ancorate, procedura



III.1 Schema di valutazione per opere di sostegno con tiranti di ancoraggio attivi, valutazione dell'opera

Appendice III.1 Schema di valutazione per opere di sostegno con tiranti di ancoraggio attivi, valutazione dell'opera



OPERA :

- SN/Tratto:
- Impianto n.:
- Impianto nome:
- N. OI: - Nome OI:
- Data:
- Ufficio/Ispettore:
- Scheda tecnica tirante n.:
- Tipo di tirante:
- Anno di costruzione:
- Osservazioni:

Tipo di tirante:

Tiranti di ancoraggio ad aderenza totale
Tiranti a fili e trefoli: circa 1952 – 1978
Tiranti a barra singola e multipla: circa 1952 - 1975

Tiranti con tratto libero senza doppia protezione contro la corrosione
Tiranti a fili e trefoli: circa 1973 – 1988
Tiranti a barra singola e multipla: circa 1965 – 1988

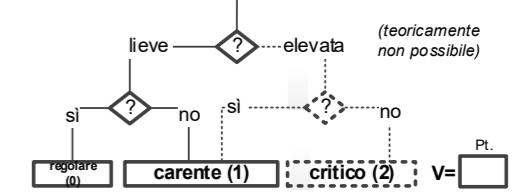
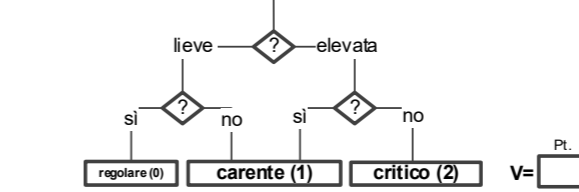
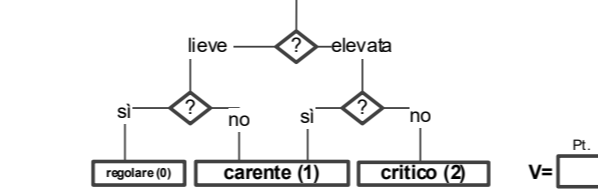
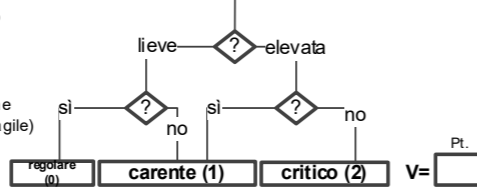
Tiranti con tratto libero con doppia protezione contro la corrosione
Tiranti a fili e trefoli: circa 1978 – 1997
Tiranti a barra singola e multipla: circa 1983 – 1995

Tiranti di ancoraggio con protezione completa contro la corrosione
Tiranti di ancoraggio a trefoli con isolamento elettrico completo, con misurazione della resistenza elettrica ** ; a partire dal 1995 circa

Tipo di cedimento

V1: importanza di un singolo tirante di ancoraggio (rischio per la sicurezza strutturale e rischio di cedimento di una parte dell'opera per rottura del tirante)
V2: la struttura portante reagisce con deformazione sufficiente prima del cedimento? (senza rottura fragile)

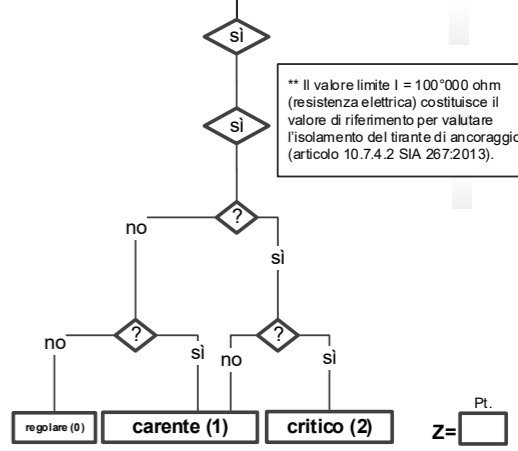
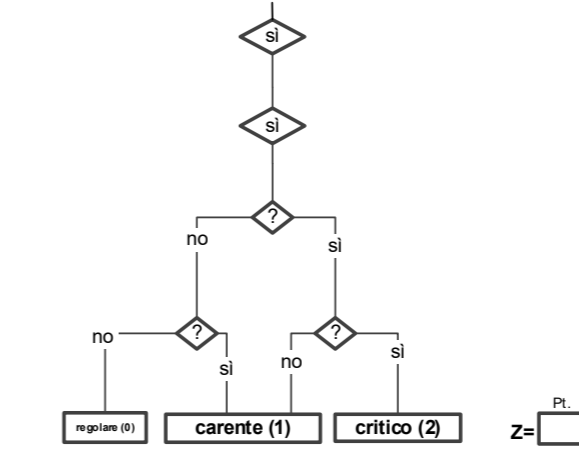
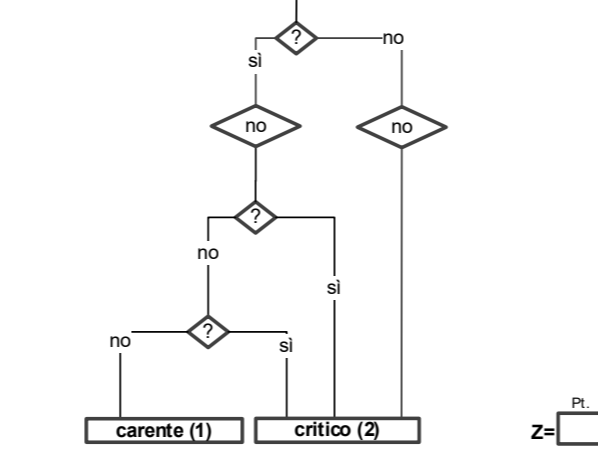
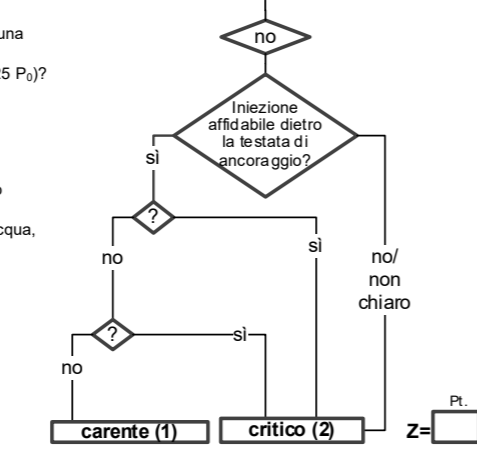
Valutazione tipo di cedimento:



Stato presunto dell'ancoraggio

Z1: i tiranti di ancoraggio sono stati verificati con una forza di prova sufficientemente elevata senza raggiungere la resistenza ultima esterna ($P_p > 1,25 P_o$)?
Z2: tiranti dotati di protezione anti corrosione?
Z3: le aree delle testate di ancoraggio presentano danni da corrosione e deterioramento, danni meccanici, sollecitazioni e rilevante da parte dell'acqua, impurità inconsuete e crescita di vegetazione?
Z4: l'opera con ancoraggi presenta fessure, deformazioni, spostamenti o altri danni non consentiti?

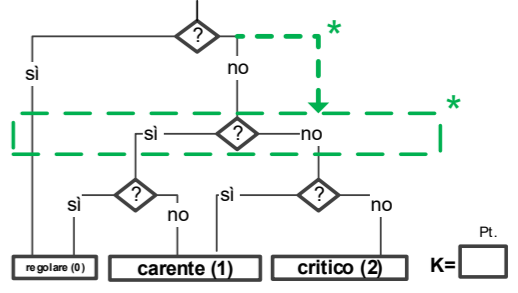
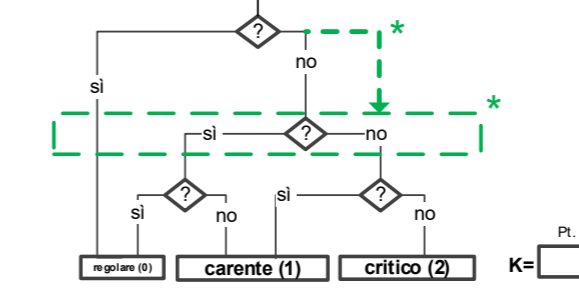
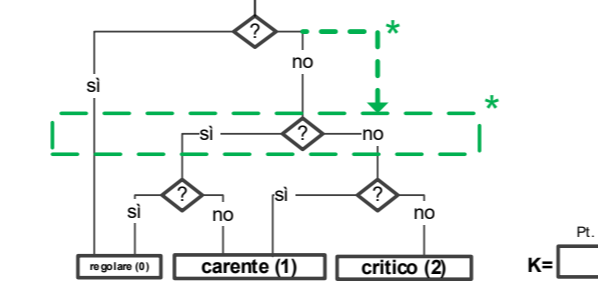
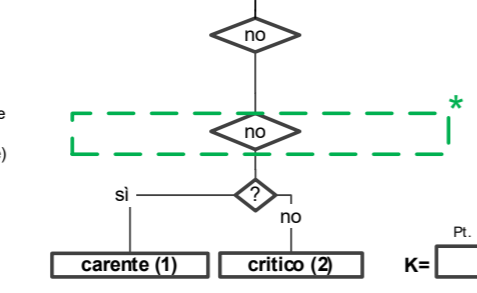
Valutazione stato presunto:



Controllabilità tirante

K1: tutti i tiranti sono tiranti di controllo?
K2: 5-10% dei tiranti di ancoraggio realizzati come tiranti di controllo? (almeno 3 tiranti di controllo per ogni componente)
K3: apparecchiature di misurazione spostamenti di opera e terreno disponibili?

Valutazione controllabilità dei tiranti:



Valutazione dell'opera = V+Z+K = Pt.

Valutazione dell'opera = V+Z+K = Pt.

Valutazione dell'opera = V+Z+K = Pt.

Valutazione dell'opera = V+Z+K = Pt.

Fase 1, fase di processo 2: prima valutazione del rischio e suddivisione delle opere come da Direttiva 12005

Estratto da SIA 261 (2014) tabella 25:

CO I	- Occupazione ≤ 50 persone - Senza grandi assembramenti di persone - Senza merci e apparecchiature di particolare valore - Danni alla popolazione o all'ambiente esclusi ad es.: ponti di importanza minore dopo un evento sismico
CO II	- Occupazione > 50 persone - Probabili grandi assembramenti di persone - Merci e apparecchiature di particolare valore - Importante funzione in infrastruttura ad es.: muri di sostegno e scarpate come parti di vie di comunicazione di notevole importanza dopo un evento sismico
CO III	- Funzione infrastrutturale di importanza vitale ad es.: muri di sostegno e scarpate come parti di vie di comunicazione di grande importanza per l'accesso a opere selezionate o a un'area determinata dopo un evento sismico

Osservazione: la competenza per la classificazione delle opere spetta alle filiali

* Il criterio di valutazione K2 non è applicabile nei seguenti casi (articolo 10.7.5.5 SIA 267:2013)
- con ancoraggi permanenti il cui comportamento portante non è valutabile sulla base di misurazioni della deformazione, ad es. messa in sicurezza di rocce o strutture rigide fondate su roccia
- con tiranti di ancoraggio da realizzare in modo da poter essere ritensionati o allentati in seguito alle deformazioni previste per l'opera o per il terreno.

Estratto: Direttiva ASTRA 12005 (2015), Appendice II.2.1, pagina 28:

CO	Importanza dell'opera	Valutazione dell'opera = V+Z+K =						
		0	1	2	3	4	5	6
I	basso potenziale di danno	D	D	D	C	C	B	B
II	medio potenziale di danno	D	D	C	C	B	B	A
III	elevato potenziale di danno	D	C	C	B	B	A	A

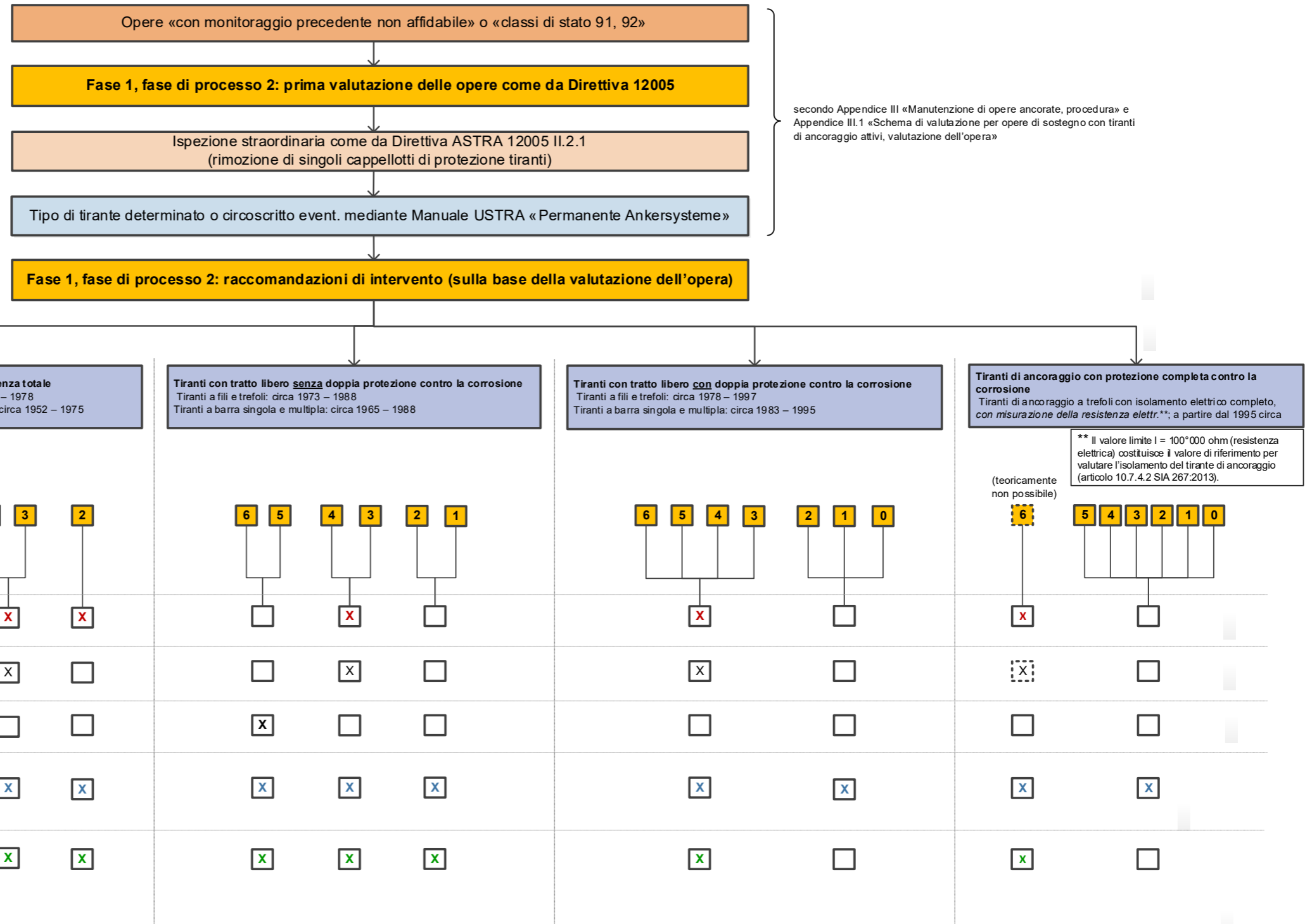
Fig. II.5: Schema per la suddivisione delle opere nelle categorie di rischio dalla A alla D

Estratto: Direttiva ASTRA 12005 (2015, Appendice II.2.1, pagina 28):
La categoria dell'opera determina il relativo potenziale di rischio:
A
Lavori ed esame devono essere eseguiti immediatamente. Inoltre è necessario verificare l'eventuale necessità di interventi urgenti (limitazioni d'uso, interventi di messa in sicurezza o monitoraggio).
B / C / D
Lavori ed esame devono essere eseguiti secondo l'ordine previsto.



III.2 Schema di valutazione per opere di sostegno con tiranti di ancoraggio attivi, raccomandazioni di intervento

Appendice III.2: Schema di valutazione per opere di sostegno con tiranti di ancoraggio attivi, raccomandazioni di intervento



Acronimi

Voce	Significato
AAR	<i>Alkali-Aggregat-Reaktion des Betons</i>
RRA	Reazione alcali-aggregati del calcestruzzo
BBW	<i>Bauwerksbewertung</i> Valutazione dell'opera
BHU	<i>Bauherrenunterstützung</i> Supporto al committente
BWK	<i>Bauwerkklasse</i>
CO	Classe di opera
EP	<i>Erhaltungsplanung</i>
PianMan	Pianificazione manutentiva
IO	<i>Infrastrukturobjekt</i>
OI	Oggetto infrastrutturale
FHB T/G	<i>Fachhandbuch Tunnel/Geotechnik</i>
MT Tun/Geo	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica
FU	<i>Fachunterstützung</i> Sostegno tecnico
MK	<i>Massnahmenkonzept</i> Piano di intervento
MP	<i>Massnahmenprojekt</i> Progetto d'intervento
PB	<i>Personenbelegung</i> Occupazione persone
PM	<i>Projektmanagement</i> Project Management
SOMA	<i>Sofortmassnahmen</i> Interventi urgenti
TMB	<i>Technisches Merkblatt</i> Scheda tecnica
UPIaNS	<i>Unterhaltsplanung Nationalstrassen</i> Piano di manutenzione delle strade nazionali

Riferimenti normativi e bibliografici

Direttive USTRA

-
- [1] Ufficio federale delle strade USTRA (2005), "**Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrassen**", Direttiva ASTRA 12002, www.astra.admin.ch.
-
- [2] Ufficio federale delle strade USTRA (2007), "**Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR); Grundlagen und Massnahmen bei neuen und bestehenden Bauten**", Documentazione ASTRA 82013, V1.01, www.astra.admin.ch.
-
- [3] Ufficio federale delle strade USTRA (1999), "**Boden- und Felsanker**", Direttiva ASTRA 12005 (versione V2.00).
-
- [4] Ufficio federale delle strade USTRA (1993), "**Permanente Boden- und Felsanker**", Direttiva ASTRA 12005 (versione V1.00).
-

Norme

-
- [5] Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA (2013), "**Basi per la progettazione di strutture portanti**", norma SIA 260.
-
- [6] Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA (2020), "**Azioni sulle strutture portanti**", norma SIA 261.
-
- [7] Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA (2013), "**Costruzioni di calcestruzzo**", norma SIA 262.
-
- [8] Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA (2013), "**Costruzioni di acciaio**", norma SIA 263.
-
- [9] Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA (2013), "**Geotecnica**", norma SIA 267.
-
- [10] Comitato europeo di normazione CEN (2004), "**Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici**", EN 1998-5 :2004.
-
- [11] Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA (1995), "**Vorgespannte Boden- und Felsanker**", raccomandazione SIA V 191.
-
- [12] Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA (2003), "**Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses - Actions sur les structures porteuses - Introduction aux normes SIA 260 et 261**", Documentazione SIA D 0181.
-

Pubblicazioni

-
- [13] F. Hunkeler, P. Matt, U. von Matt e R. Werner, Spannglieder (agosto 2005), "**Schrägseile und Anker - Beschreibung der Systeme und Erkenntnisse aus Korrosionsschäden**", Ufficio federale delle strade USTRA, progetto di ricerca AGB 2000/470, rapporto VSS n. 588.
-
- [14] U. von Matt e M. Büchler (febbraio 2007), "**Permanente, vorgespannte Boden- und Felsanker: Fluktuationen des elektrischen Widerstands**", Ufficio federale delle strade USTRA, progetto di ricerca AGB 2001/489, rapporto VSS n. 612.
-

Cronologia redazionale

Edizione	Versione	Data	Operazione
2022	3.13	30.11.2023	Adeguamenti formali, lievi correzioni dei rimandi alle norme.
2007	3.12	01.07.2019	Adeguamenti formali in tedesco. In riferimento alla manutenzione di opere ancorate viene aggiunto l'Appendice III con il coinvolgimento di: A. Lutz e U. von Matt (studio di ingegneria) M. Folly e B. Fonyo (USTRA)
2007	3.11	13.02.2012	Adeguamenti formali in tedesco e francese. Nuova traduzione riveduta in francese.
2007	3.10	01.10.2007	Adeguamenti formali.
2007	3.00	01.08.2007	Entrata in vigore edizione 1999. Precisazioni e integrazioni alla norma SIA 267:2003 "Geotecnica", e alla norma SIA 118/267:2004 "Allgemeinen Bedingungen für geotechnische Arbeiten", ampliamento per tiranti passivi, impatto sismico su opere ancorate e reazione alcali-aggregati del calcestruzzo (RAA).
1999	2.00	1999	Entrata in vigore edizione 1999. Precisazioni e integrazioni alla raccomandazione SIA V 191:1995.
1993	1.00	1993	Entrata in vigore edizione 1993.

