 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Opere di sostegno	24 001-15101
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Opere di sostegno – Aspetti generali	V3.02 01.01.2025
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 1 di 7

1. Riferimenti

SIA 260 Basi per la progettazione di strutture portanti

SIA 261 Azioni sulle strutture portanti

SIA 261/1 *Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen* (Azioni sulle strutture portanti – Specifiche complementari)

SIA 262 Costruzioni di calcestruzzo

SIA 118/262 Condizioni generali per le costruzioni in calcestruzzo

SIA 266 Costruzioni di muratura

SIA 267 *Geotechnik* (Geotecnica)

SIA 267/1 *Geotechnik – Ergänzende Festlegungen* (Geotecnica – Specifiche complementari)

SIA 272 *Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagbau* (Impermeabilizzazione e drenaggi di costruzioni interrato e sotterranee)

Scheda SIA 2042 *Vorbeugung von Schäden durch die Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) bei Betonbauten* (Misure preventive contro danni da reazioni alcali-aggregato in costruzioni di calcestruzzo)

SIA 267 002 / EN 1997-2 Eurocode 7: *Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds* (Progettazione geotecnica – Parte 2 Indagini geotecniche in sito e in laboratorio nel sottosuolo)

VSS 40 621 *Ingenieurbilogie – Bauweisen, Bautechniken und Ausführung* (Biologia ingegneristica – Metodi costruttivi, tecnologie costruttive ed esecuzione)

VSS 40 671c *Grünräume – Begrünung, Saatgut, Mindestanforderungen und Ausführungsmethoden* (Spazi verdi – Inverdimento, sementi, requisiti minimi e metodi di gestione)

SN 640 383a *Stützbauwerke – Konzeption, Projektierung und Ausführung* (Opere di sostegno – Concezione, progettazione ed esecuzione)

VSS 40 568 *Passive Sicherheit im Strassenraum – Geländer* (Sicurezza passiva nello spazio stradale – Parapetti)

VSS 70 125a *Filtermaterialien – Qualitätsvorschriften* (Materiali di filtrazione – Prescrizioni di qualità)


VSS 70 305 *Überwachung von Bauwerken in nicht stabilem Gelände* (Monitoraggio delle opere in terreni instabili)

VSS, *Stützmauern Band 1, Grundlagen zur Berechnung und Konstruktion* (Muri di sostegno, volume 1, Criteri di calcolo e costruzione), pagg. 1-160, 1966.

Direttiva ASTRA 12001 *Projektierung und Ausführung von Kunstbauten der Nationalstrassen* (Progettazione ed esecuzione dei manufatti delle strade nazionali)

Direttiva ASTRA 12002 *Überwachung und Unterhalt von Kunstbauten der Nationalstrassen* (Monitoraggio e manutenzione dei manufatti delle strade nazionali)

Direttiva ASTRA 12005 *Boden- und Felsanker* (Tiranti di ancoraggio al terreno e alla roccia)

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Opere di sostegno	24 001-15101
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Opere di sostegno – Aspetti generali	V3.02 01.01.2025
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 2 di 7

Documento ASTRA 82013 *Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR), Grundlagen und Massnahmen bei neuen und bestehenden Kunstbauten* (Reazione alcali-aggregato – Principi e misure in manufatti nuovi ed esistenti)

Documento ASTRA 82017 Sicurezza sismica di opere in terra e di sostegno – Dimensionamento e verifica (in tedesco)

Documento ASTRA 82018 Sicurezza sismica di opere in terra e di sostegno – Studi di casi (in tedesco)

Scheda 22 001-14110 Calcestruzzo (materiale)

Scheda 22 001-14130 Risanamento del calcestruzzo

Scheda 22 001-14140 Sistemi di protezione delle superfici – Generalità

Scheda 22 001-14210 Indicazioni costruttive e armatura minima

Scheda 24 001-15103 Impermeabilizzazione e drenaggio delle opere di sostegno

Scheda 24 001-15104 Opere di sostegno ancorate

2. Aspetti generali

Le opere di sostegno assolvono la funzione di supporto dei terreni sopra e sotto i manufatti stradali, quando per mancanza di spazio o per motivi geotecnici non è possibile avere una scarpata naturale. Tali opere permettono di compensare un dislivello del terreno in uno spazio ristretto.


In linea di principio si distingue tra muri di sostegno in rilevato o di sottoscarpa (a valle) e in sterro o di controripa (a monte), a seconda della posizione dell'asse stradale.

La norma SN 640 383a descrive in generale le opere di sostegno per tutti i tipi di strade. Per le strade nazionali vanno osservati specifici requisiti:

- durabilità delle opere
- ridotta manutenzione
- esposizione a sostanze nocive (sale antigelo, gas di scarico, solfati nelle acque d'infiltrazione)
- forti sollecitazioni climatiche (irraggiamento solare, cicli di gelo-disgelo)
- necessità di fissaggio di dispositivi di delimitazione del tracciato stradale in sommità

Strutture di sostegno realizzate con gabbioni riempiti di sassi e muri cellulari a gabbia (elementi prefabbricati), targonate con profili in acciaio o paratoie, terre armate e muri con rivestimento in geotessile non sono normalmente ritenute idonee come costruzioni durature per le strade nazionali.

In caso di opere di sostegno ancorate, osservare anche le schede 24001 – 15400 o 15500.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Opere di sostegno	24 001-15101
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Opere di sostegno – Aspetti generali	V3.02 01.01.2025
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 3 di 7

3. Indicazioni speciali

Aspetti generali

- In linea di principio, i muri di sostegno non possono essere inverditi.
- Di norma, il coronamento del muro deve essere inclinato del 3% verso il pendio e avere una larghezza minima di 300 mm.
- Il muro di sostegno deve avere uno spessore costruttivo minimo di 300 mm.
- La necessità di protezioni anticaduta va valutata ai sensi della norma VSS 40 568 e la rispettiva realizzazione dovrà ugualmente sottostare ai requisiti di tale normativa.
- Davanti a paratie sul lato pendio occorre prevedere un parapetto al bordo della carreggiata.
- Le quote riportate nelle Figura 1 per bordo libero e larghezza della berma vanno considerate come valori di riferimento, adattabili in base ai rischi (colate detritiche di versante, slavine, drenaggio, ecc.) o agli interventi di manutenzione. Si consiglia un'inclinazione del paramento rispetto alla verticale di 10:1.

Sezione trasversale

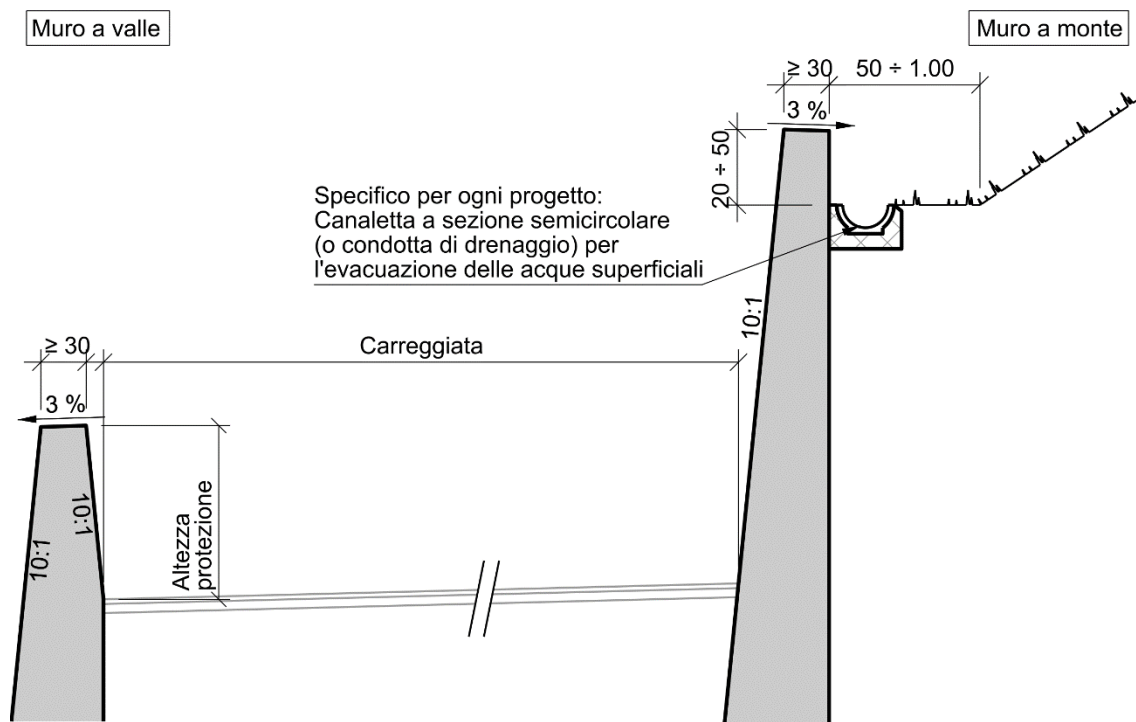



Figura 1: Configurazione del coronamento di un muro di sostegno


 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Opere di sostegno	24 001-15101
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Opere di sostegno – Aspetti generali	V3.02 01.01.2025
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 4 di 7

Acque d'infiltrazione, drenaggio

- Le opere di sostegno devono essere protette controterra da una impermeabilizzazione e drenate conformemente alla scheda tecnica 24 001-15103 “Impermeabilizzazione e drenaggio delle opere di sostegno”.
- L'acqua di superficie deve poter defluire in modo efficace in modo da escludere che infiltrazioni d'acqua nel riempimento possano dar luogo a incrementi della pressione idrostatica a tergo del muro.
- Nel terreno possono presentarsi infiltrazioni e pressioni idriche tali da aggravare le sollecitazioni sui muri di sostegno. Tali circostanze devono essere considerate nel dimensionamento del muro o evitate mediante misure costruttive (strati di drenaggio, condotte di scarico).
- In considerazione della notevole influenza esercitata dall'acqua di versante sulla stabilità del pendio stesso, può essere opportuno nelle pareti esistenti prevedere dei fori di drenaggio, disposti in modo tale da consentire la manutenzione del sistema di drenaggio e il lavaggio e la pulizia dei fori. È necessario inoltre prestare attenzione all'azione del gelo.
- Oltre alla pressione idrostatica, occorre prendere in considerazione anche le tensioni interstiziali e le eventuali pressioni idrodinamiche, ove queste agiscano sfavorevolmente. Nella verifica della stabilità del terreno non vanno trascurate le condizioni idrostatiche e idrodinamiche.
- Opere di sostegno costruite sulla roccia possono avere un effetto impermeabilizzante (effetto barriera) e ostacolare il deflusso dell'acqua dalle fratture. È necessario uno strato di drenaggio (materassino drenante, piastre filtranti) con una copertura resistente al gelo e un'adeguata trasmissione delle forze senza deformazione da compressione.

Dimensionamento

- Nuova costruzione (di regola): Per le verifiche geotecniche di portanza in genere si deve assumere una spinta attiva delle terre fattorizzata $(E_a + E_0) / 2$. Inoltre, si deve prendere in considerazione la pressione di compattazione, p. es. come spinta minima del terreno con $e_{\min} = 15 \text{ kN/m}^2$. Nei sistemi poco soggetti a deformazione si deve assumere una spinta a riposo E_0 . Le stesse ipotesi valgono anche per le verifiche di sicurezza strutturale e di efficienza funzionale.
- Verifica dei muri di sostegno a mensola esistenti: assumere per tutte le verifiche (sicurezza strutturale e stabilità globale) una spinta attiva E_a compatibilmente con il sistema portante e soprattutto le fondazioni (capacità di sopportare deformazioni).
- In caso di verifica di portanza delle fondazioni, il procedimento semplificato secondo Brinch-Hansen può anche essere sostituito dal metodo delle strisce p. es. secondo Krey-Bishop.
- I muri di sostegno vanno costruiti senza giunzioni in direzione longitudinale.
- Se possibile, realizzare i muri a gravità senza armatura.
- Il quantitativo minimo di armatura va stabilito conformemente alla norma SIA 262. Nei muri di sostegno a monte fino a 3 m e nei muri di sostegno a valle devono essere soddisfatti i requisiti elevati secondo la norma SIA 262, Tab. 17. Per le restanti superfici al di fuori di

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Opere di sostegno	24 001-15101
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Opere di sostegno – Aspetti generali	V3.02 01.01.2025
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 5 di 7

queste aree si applicano esigenze accresciute. Si osservino anche le indicazioni della scheda 24 001-14210.


- Il copriferro dell'armatura deve essere eseguito secondo la direttiva USTRA sulla progettazione ed esecuzione dei manufatti, Allegato 6. Assicurare un copriferro minimo di 55 mm.

Materiali


- La qualità del calcestruzzo va stabilita in funzione della composizione chimica dell'acqua di contatto (acqua freatica, acqua d'infiltrazione, spruzzi d'acqua) e del sottosuolo. In prossimità di terreni agricoli coltivati è necessario considerare l'impatto di liquami e concimi (a volte molto aggressivi per l'acciaio e il calcestruzzo).
- L'uso del calcestruzzo di tipo G-ND secondo la documentazione USTRA n. 82024 può essere autorizzato solo previo accordo dello specialista manufatti del sostegno tecnico USTRA (FaS T/G). Lo scopo di questo tipo di calcestruzzo è quello di controllare meglio la fessurazione, evitando uno sviluppo troppo rapido della resistenza e sovrastima indesiderata (possibili ambiti di utilizzo: parapetti, bordi di ponti, muri di sostegno, pareti SABA, ecc.).
- Per evitare la reazione alcali-aggregato, osservare le indicazioni fornite nel documento ASTRA 82013 su questo tema, nonché la scheda SIA 2042 sulla prevenzione della reazione alcali-aggregato (AAR) nelle opere in calcestruzzo.
- Quando viene applicato direttamente sul sottofondo, il calcestruzzo non può essere protetto con vernici o rivestimenti superficiali. Si dovranno pertanto utilizzare calcestruzzi con un'alta resistenza contro l'aggressione chimica, secondo la norma SIA 267/1 punto 4.2 (edizione 2011).
- Non è consentito l'uso di calcestruzzo poroso o drenante.
- Materiale di riempimento: le opere di sostegno vanno riempite a tergo con materiale di riporto naturale, non inquinato e permeabile (materiale sciolto), con una percentuale possibilmente ridotta di limo (silt) e argilla. Materiali da costruzione riciclati possono essere utilizzati a condizione che siano conformi alle prescrizioni di compatibilità ambientale.
- Il riempimento a tergo del muro di sostegno deve essere realizzato in modo da assicurare il drenaggio del muro attraverso il materiale di riempimento, oppure mediante la posa di drenaggi. I sistemi di drenaggio devono soddisfare i criteri di filtrazione secondo la norma VSS 70 125a. Si osservino anche le indicazioni della scheda 24 001-15103 "Impermeabilizzazione e drenaggio delle opere di sostegno".

Esecuzione

- Evitare assolutamente la formazione di nidi di ghiaia a livello delle fughe. Prima della messa in opera del calcestruzzo della parete verticale, impermeabilizzare la fessura tra il cassero per la parete e il bordo superiore delle fondamenta.
- Dopo la messa in opera del calcestruzzo, controllare tutte le superfici rivestite per accertare l'assenza di nidi di ghiaia. Se ciononostante si dovesse rilevare un nido di ghiaia, provvedere alla sua riparazione a regola d'arte. Non è consentito coprire il nido di ghiaia

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Opere di sostegno	24 001-15101
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Opere di sostegno – Aspetti generali	V3.02 01.01.2025
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 6 di 7

con malta cosmetica, perché tale pratica non offre un'adeguata protezione contro la corrosione dell'armatura.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Opere di sostegno	24 001-15101
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Opere di sostegno – Aspetti generali	V3.02 01.01.2025
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 7 di 7

- Come misura costruttiva aggiuntiva è possibile valutare una delle seguenti soluzioni:
 - realizzazione di un sopralzo di ca. 10 cm al fine di innalzare il livello del giunto di lavoro tra le fondazioni e il muro
 - impiego di un'armatura resistente alla corrosione di classe KWK 1 nell'area di incastro (sul lato di trazione), ai sensi della scheda tecnica SIA 2029
 - applicazione di una base in malta (malta di montaggio)
 - creazione di spazi temporanei nell'armatura in sommità al fine di portare il tubo per calcestruzzo possibilmente fino al livello delle fondazioni
- I muri di sostegno a valle vanno riempiti a tergo con strati di materiali di riporto facilmente compattabili, ghiaiosi e sabbiosi. Procedere alla compattazione meccanica degli strati di posa ogni 30 - 40 cm, per limitare futuri assestamenti e spostamenti.

Monitoraggio

- Le opere di sostegno devono essere tenute sotto controllo per tutta la durata di utilizzazione. L'ambito e l'intensità del monitoraggio dipende prevalentemente dall'altezza e dal potenziale di pericolo dell'opera di sostegno. Documentare le principali attività nel piano di monitoraggio e manutenzione.
- Osservare al riguardo la direttiva ASTRA 12002 su monitoraggio e manutenzione dei manufatti delle strade nazionali, capitolo 4.
- Documentare in KUBA-DB i sistemi di drenaggio ed eseguire periodicamente le opportune attività manutentive (ad es. pulizia e lavaggio).
- Per le opere di sostegno ancorate è particolarmente importante eseguire un attento monitoraggio per l'intera durata di utilizzazione. Si osservino anche le indicazioni della scheda 24 001-15104 "Opere di sostegno ancorate" e della direttiva ASTRA 12005 "Tiranti di ancoraggio al terreno e alla roccia".
- La norma VSS 70 305 fornisce indicazioni su strumenti e metodi da utilizzare per il monitoraggio di terreni instabili.