



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale delle strade USTRA

DIRETTIVA
IMPIANTI RVC DELLE
CENTRALI TECNICHE IN
GALLERIA

Edizione 2024 V1.00
ASTRA 13008

Colophon

Autori/Gruppo di lavoro

Renato Kundert	USTRA DS-UARS, presidenza
Bernard Crausaz	USTRA DS-UARS
Markus Eisenlohr	USTRA I-Est FU
Michael Ritler	USTRA I-Ovest EP
Martin Wyss	USTRA I-Ovest B
Martin Ochsner	Haerter & Partner AG

Traduzione

Servizio linguistico USTRA, fa fede l'originale tedesco.

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.ustradmin.ch.

© USTRA 2024

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

Prefazione

Gli impianti di riscaldamento, ventilazione e climatizzazione (RVC) delle centrali tecniche in galleria sono imprescindibili per l'esercizio delle strade nazionali poiché servono a garantire condizioni idonee al funzionamento delle attrezzature presenti all'interno di questi spazi.

Durante la realizzazione degli impianti RVC, le sfide principali consistono nella scelta del sistema ottimale in funzione dell'ubicazione, nell'individuazione degli interventi costruttivi necessari, opportuni se non addirittura obbligatori per il corretto funzionamento, nonché nel calcolo dei successivi costi di esercizio a seconda del tipo di comando adottato e della potenza installata.

La presente direttiva mira a uniformare la pianificazione e la realizzazione delle dotazioni RVC su tutto il territorio nazionale, ponendo inoltre l'attenzione su come ottimizzare la regolazione degli impianti in modo tale da mantenere livelli di rendimento ideale sotto il profilo ecologico ed economico per la loro intera durata di vita.

Ufficio federale delle strade

Jürg Röthlisberger
Direttore

Indice

Colophon	2
Prefazione	3
1	Introduzione
1.1	Scopo della direttiva.....
1.2	Campo di applicazione.....
1.3	Destinatari.....
1.4	Entrata in vigore e aggiornamenti.....
2	Requisiti
2.1	Requisiti costruttivi.....
2.2	Disposizioni relative al clima esterno.....
2.3	Prescrizioni di protezione antincendio.....
2.4	Acustica.....
2.5	Interfacce.....
2.5.1	Canale tecnico.....
2.5.2	Cunicolo di sicurezza.....
2.5.3	Ventilazione della galleria.....
2.5.4	Approvvigionamento energetico.....
2.6	Sovrappressione.....
3	Stati operativi
3.1	Esercizio normale.....
3.2	Evento critico nella centrale tecnica in galleria.....
3.3	Evento critico nello spazio di circolazione.....
3.3.1	Elevato calore residuo.....
3.3.2	Coordinamento dei soggetti coinvolti.....
3.3.3	Cortocircuito dei flussi.....
4	Scelta dei sistemi / Pianificazione degli impianti
4.1	Principi / Procedura.....
4.2	Configurazioni.....
4.3	Ventilazione.....
4.3.1	Gruppi di locali.....
4.3.2	Compartimenti tagliafuoco e ventilazione.....
4.3.3	Sensori della temperatura ambiente.....
4.3.4	Sistemi di ventilazione dei locali tecnici.....
4.3.5	Sistemi di ventilazione dei locali trasformatori.....
4.3.6	Sistemi di ventilazione dei locali batterie.....
4.3.7	Sistemi di ventilazione dei servizi igienici.....
4.4	Riscaldamento.....
4.5	Raffreddamento.....
4.6	Umidificazione / Deumidificazione.....
4.7	Efficienza energetica.....
4.7.1	Registri geotermici (canale o tubi a contatto con il terreno).....
4.7.2	Miscelazione dell'aria di ricircolo.....
4.7.3	Ventilatori dei sistemi di aerazione dei locali tecnici.....
4.7.4	Impianti di raffreddamento / Pompe di calore.....
4.7.5	Set point differenti per le temperature ambiente (passaggio dalla stagione estiva a quella invernale).....
4.7.6	Raffreddamento efficiente dei quadri elettrici nei locali tecnici.....
4.7.7	Locali UPS.....
4.8	Sistemi di comando, regolazioni.....
4.8.1	Quadri elettrici.....
4.8.2	Sistema di comando e regolazione.....

4.8.3	Valori di misurazione e segnalazioni	20
4.8.4	Collegamento al sistema di gestione UeLS	20
5	Specifiche tecniche	21
5.1	Requisiti relativi ai materiali	21
5.2	Corrosione e trattamenti delle superfici	21
5.3	Dispositivi monoblocco	21
5.4	Apparecchi refrigeranti a ricircolo d'aria	21
5.5	Serrande ad alette	22
5.6	Serrande di scarico della pressione	22
5.7	Filtri dell'aria	22
5.8	Ventilatori	22
5.9	Aspetti generali dei motori	23
5.10	Canali di ventilazione	23
5.10.1	Realizzazione dei canali in lamiera	23
5.10.2	Materiali.....	23
5.10.3	Spessori della lamiera.....	23
5.11	Collegamenti	23
5.11.1	Canali	23
5.11.2	Tubi	24
5.11.3	Canali speciali	24
5.12	Sospensioni	24
5.13	Attraversamento di pareti e soffitti	24
5.14	Isolamento dei canali	24
5.15	Attenuatori acustici.....	24
5.15.1	Struttura a setti fonoassorbenti	24
5.15.2	Struttura dell'involucro	24
5.16	Griglie di ventilazione	24
5.16.1	Griglie di alimentazione.....	24
5.16.2	Griglie di scarico	25
5.16.3	Valvole di scarico	25
5.16.4	Griglie anti-intemperie.....	25
5.17	Serrande tagliafuoco.....	25
5.18	Regolatori di portata.....	25
5.18.1	Regolatori di portata variabile	25
5.18.2	Regolatori di portata costante	25
5.19	Etichette	25
6	Test degli impianti	26
6.1	Preparazione della messa in esercizio	26
6.2	Messa in esercizio	26
6.3	Competenze.....	26
6.4	Piano delle scadenze	26
6.5	Verifica del funzionamento e delle prestazioni	26
6.6	Elementi di misurazione.....	27
7	Esercizio e manutenzione	28
7.1	Ottimizzazione	28
7.2	Manutenzione	28
7.3	Smantellamento e smaltimento	29
	Glossario/Acronimi	31
	Riferimenti normativi e bibliografici	32
	Cronologia redazionale	33

1 Introduzione

1.1 Scopo della direttiva

La presente direttiva descrive gli impianti RVC delle centrali tecniche in galleria e stabilisce principi e criteri da adottare per la scelta del sistema, il dimensionamento, la realizzazione e la fase operativa. Contiene le disposizioni costruttive vincolanti per la progettazione di tali centrali e pone altresì le basi per la successiva ottimizzazione. Inoltre, il documento mira da un lato a semplificare la progettazione e, dall'altro, a uniformare sistemi e requisiti.

1.2 Campo di applicazione

Nel presente documento vengono prese in esame le fasi di progettazione, realizzazione, esercizio e manutenzione degli impianti RVC sui tratti all'aperto e in galleria delle strade nazionali.

La direttiva si applica alle centrali tecniche in galleria di proprietà dell'USTRA, che comprendono nello specifico le seguenti opere delle gallerie stradali: centrali e locali tecnici realizzati in superficie, parzialmente coperti o sotterranei.

1.3 Destinatari

La direttiva si rivolge a:

- tecnici dell'USTRA (EP, FU, PM, Esercizio ecc.);
- tecnici delle Unità territoriali;
- progettisti e imprese che eseguono attività sugli impianti RVC per conto dell'USTRA;
- ispettori e organi di controllo.

1.4 Entrata in vigore e aggiornamenti

Il presente documento entra in vigore in data 24.05.2024. La cronologia redazionale è riportata a pagina 33.

2 Requisiti

2.1 Requisiti costruttivi

Le superfici di centrali tecniche in galleria e locali RVC devono essere scelte in modo tale da consentire l'installazione degli impianti RVC. Deve inoltre essere previsto lo spazio necessario per manutenzioni, revisione, eventuali parti di ricambio (p. es. filtri) e ampliamenti.

Le superfici di delimitazione (come pareti esterne e soffitti) devono essere isolate termicamente al fine di coprire il fabbisogno termico con il calore residuo degli impianti di esercizio. Le pareti esterne fuori terra devono essere isolate termicamente.

A seconda della posizione geologica di una centrale intermedia, gli involucri esterni (pareti, soffitti e pavimenti) delle centrali tecniche in galleria devono essere isolati rispetto all'energia geotermica.

Le prese d'aria esterna e le bocche di uscita dell'aria di smaltimento devono essere sufficientemente distanziate tra loro per evitare un cortocircuito tra i flussi d'aria. Anche se le centrali tecniche in galleria non sono costantemente occupate da persone, la presa d'aria esterna deve essere posizionata se possibile ad almeno 3 metri dal suolo in zone prive di contaminazioni.

Requisiti costruttivi: classe di impermeabilità 1 come da norma SIA 270, ovvero completamente asciutta, senza alcun punto umido sulle superfici interne dell'opera.

2.2 Disposizioni relative al clima esterno

Le condizioni esterne sono reperibili nella norma SIA 2028. Deve essere applicata la temperatura esterna di configurazione valida per ciascuna regione.

2.3 Prescrizioni di protezione antincendio

Per le centrali tecniche in galleria di sua proprietà, in quanto assicuratore in proprio l'USTRA non è assoggettato ad alcuna assicurazione immobiliare cantonale. L'USTRA adotta su base volontaria le direttive dell'Associazione degli istituti cantonali di assicurazione antincendio (AICAA) per l'applicazione della protezione antincendio, adattandole all'occorrenza alle proprie peculiari caratteristiche.

L'USTRA assume i compiti delle autorità di protezione antincendio. Nel caso di edifici federali non è previsto alcun collaudo a cura delle autorità cantonali.

2.4 Acustica

Devono essere rispettati i valori limite di esposizione alle emissioni sonore di attività industriali (di componenti degli impianti RVC come ventilatori o compressori) in conformità all'allegato 6 dell'ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF; RS 814.41). In caso di superamento delle soglie stabilite, devono essere attuati interventi idonei di tipo strutturale-costruttivo o di carattere operativo (p. es. attenuatori acustici, pareti ecc.).

2.5 Interfacce

2.5.1 Canale tecnico

Un canale tecnico deve essere provvisto di ventilazione meccanica. In presenza di persone all'interno dello stesso è necessario assicurare un sufficiente approvvigionamento di aria esterna.

Nel caso in cui l'aria del canale tecnico venga utilizzata per altri impianti, tale aspetto deve essere considerato nel bilancio delle portate d'aria. L'aria di smaltimento inquinata non deve essere reimpressa nel canale tecnico, bensì ceduta nello spazio di circolazione. L'aria di smaltimento non inquinata (ventilazione locali tecnici) può essere reimpressa nel canale tecnico.

Nel caso in cui quest'ultimo sia impiegato come cunicolo di sicurezza, la relativa ventilazione deve essere progettata in base alla direttiva [2].

2.5.2 Cunicolo di sicurezza

I sistemi di ventilazione di cunicoli di sicurezza e centrali tecniche sono integrati in un sistema di comando comune.

La ventilazione dei cunicoli di sicurezza deve essere progettata come da direttiva [2].

Se l'aria del cunicolo di sicurezza deve essere impiegata per la ventilazione di una centrale tecnica, occorre tenere conto di tale prelievo di aria nella configurazione del cunicolo di sicurezza. L'aria di smaltimento non deve essere reimpressa nel cunicolo di sicurezza, bensì ceduta nello spazio di circolazione.

2.5.3 Ventilazione della galleria

I sistemi di ventilazione per spazio di circolazione e centrali tecniche in galleria devono essere progettati in maniera separata sotto il profilo aerodinamico. Occorre evitare l'utilizzo dell'aria della galleria per l'approvvigionamento delle centrali tecniche in galleria (centrale intermedia).

La ventilazione della galleria deve essere progettata come da direttiva [1].

2.5.4 Approvvigionamento energetico

Gli impianti RVC richiedono il coordinamento dei seguenti allacciamenti elettrici:

- di regola, gli impianti RVC sono collegati alla rete ordinaria;
- sono collegati alla rete UPS i seguenti componenti: centralina RVC, ventilatore di scarico dei sistemi di aerazione dei locali tecnici.

2.6 Sovrappressione

Al fine di ridurre l'immissione di aria inquinata nei locali tecnici è auspicabile che le centrali tecniche in galleria presentino una sovrappressione rispetto allo spazio di circolazione. La portata dell'aria esterna deve pertanto essere circa il 10% superiore a quella dell'aria di smaltimento, e questa sovrappressione deve essere facilmente parametrabile.

3 Stati operativi

3.1 Esercizio normale

L'esercizio normale è la modalità operativa più frequente. In questa condizione i requisiti energetici dei sistemi di ventilazione, nonché degli impianti di riscaldamento e raffreddamento in conformità alla norma SIA 382/1 devono essere pienamente rispettati.

La presenza di persone all'interno della centrale tecnica in galleria non influisce in alcun modo sulle portate d'aria previste per gli impianti RVC. Durante il normale esercizio è necessario rispettare le temperature ambiente secondo la tabella «4.1 Temperature ambiente» al punto 4.2 «Configurazioni». Le modifiche di progetto rispetto alle disposizioni devono essere motivate e approvate.

3.2 Evento critico nella centrale tecnica in galleria

In caso di allarme antincendio in una centrale tecnica in galleria, gli impianti RVC vengono disattivati tramite sistemi IRAI e le serrande tagliafuoco si chiudono. Per motivi di sicurezza, il riconoscimento dell'allarme antincendio deve avvenire tramite quadro elettrico sul posto.

In caso di allarme antincendio nella centrale tecnica, la galleria non viene automaticamente chiusa. La chiusura avviene manualmente quando sono coinvolti impianti critici per la sicurezza delle centrali tecniche oppure quando l'accertamento della causa dell'allarme richiede un accesso tramite lo spazio circolazione.

In caso di interruzione di corrente nella centrale tecnica in galleria, gli impianti RVC continuano a essere parzialmente alimentati tramite la rete UPS (corrente di emergenza) con un esercizio ridotto. Almeno un ventilatore (aria di scarico) della ventilazione dei locali tecnici e il sistema di comando/regolazione devono essere collegati alla rete UPS (corrente di emergenza) affinché il raffreddamento (solo con aria di scarico ma senza impianto di raffreddamento) dei locali tecnici sia garantito anche in caso di blackout. Dopo un'interruzione di corrente, gli impianti RVC devono riavviarsi automaticamente.

3.3 Evento critico nello spazio di circolazione

3.3.1 Elevato calore residuo

In caso di evento critico (incendio) nello spazio di circolazione viene prodotto per ore, se non addirittura per giorni, una notevole quantità di calore residuo, dovuta per esempio ai convertitori di frequenza dei ventilatori dell'aria di scarico in galleria.

In questa situazione eccezionale sono consentiti valori più elevati rispetto alle temperature interne massime riportate nella tabella «4.1 Temperature ambiente». Il funzionamento dei dispositivi elettrici ed elettronici (centralina, apparecchiature assiemate) deve poter essere garantito in ogni caso.

3.3.2 Coordinamento dei soggetti coinvolti

Dissipare il calore ceduto in caso di incendio dai convertitori di frequenza (ventilatori dell'aria di scarico) può richiedere un raffreddamento speciale. A tale scopo è necessario un intenso coordinamento con il progettista e con il fornitore del sistema di ventilazione, nonché con il fornitore dei convertitori di frequenza.

Il coordinamento deve comprendere quanto meno i seguenti aspetti:

- la durata dell'evento critico e la quantità di calore residuo;
- il luogo di installazione dei convertitori di frequenza (locali tecnici, sala ventilatori);
- il bypass dei convertitori di frequenza per ridurre la dispersione di calore;

- il possibile utilizzo del volume d'aria della sala ventilatori;
- la decisione sul tipo di raffreddamento (aria, acqua) e il collegamento con l'impianto RVC.

3.3.3 Cortocircuito dei flussi

Il fumo sprigionatosi in caso di incendio, che defluisce tramite l'imbocco o il camino di scarico, può essere aspirato dalla presa d'aria esterna per la ventilazione dei locali. Durante la pianificazione occorre considerare come evitare tali cortocircuiti dei flussi. In situazioni particolarmente a rischio (distanza tra la presa d'aria e l'imbocco inferiore a 50 m) la qualità dell'aria esterna deve essere monitorata tramite rivelatori di fumo. Qualora venga aspirato fumo, l'impianto RVC deve passare alla modalità ricircolo aria.

In questa condizione operativa non occorre più garantire una condizione di sovrappressione rispetto allo spazio di circolazione per prevenire la penetrazione di gas e fumi sviluppati in galleria all'interno della centrale tecnica.

4 Scelta dei sistemi / Pianificazione degli impianti

4.1 Principi / Procedura

Il capitolato d'oneri di realizzazione descrive in maniera concreta in che modo il mandataro (impresa incaricata) intende soddisfare i requisiti posti dal committente (USTRA). Il progettista degli impianti RVC incaricato dal committente descrive precedentemente nelle specifiche tecniche tutti i requisiti con la massima precisione possibile. Solo a questo punto, e dopo che il committente e il progettista hanno accettato il capitolato, può iniziare la realizzazione vera e propria da parte del mandataro.

Per poter garantire un esercizio il più possibile ecologico ed economico, già nelle prime fasi del progetto idealmente è necessario elaborare diversi piani relativi in particolare a riscaldamento e raffreddamento, che devono poi essere confrontati e ottimizzati sotto il profilo dell'efficienza energetica e dei costi di investimento, esercizio e manutenzione.

Occorre verificare l'indice costi-benefici dei registri geotermici (rapporto tra costi di costruzione e risparmi energetici). Interventi costruttivi come i registri geotermici (canali o tubi a contatto con il terreno) per le prese d'aria esterna devono essere coordinati con l'ingegnere edile competente.

A loro volta, gli ingegneri elettrici devono indicare i valori di calore residuo dei componenti elettromeccanici nei locali delle centrali tecniche in galleria necessari per il dimensionamento delle portate d'aria. In tale occasione devono essere forniti dati il più realistici possibile senza aggiunte dettate da eventuali timori (riserve), specificando i fattori di contemporaneità. Solo in questo modo è possibile evitare che gli impianti RVC delle centrali tecniche in galleria vengano sovradimensionati producendo costi superflui di investimento, esercizio e manutenzione. La plausibilità dei valori di calore residuo forniti dall'ingegnere elettrico deve essere verificata dall'ingegnere RVC.

Le portate d'aria vanno dimensionate in riferimento all'esercizio normale degli impianti RVC. In caso di evento critico (p. es. incendio in galleria), per breve tempo i valori di calore residuo nelle centrali tecniche – e pertanto anche le temperature ambiente – possono risultare superiori.

4.2 Configurazioni

Il piano di ventilazione dei locali deve garantire un esercizio efficiente sotto il profilo energetico. Per quanto riguarda i tassi di ricambio dell'aria, è necessario attenersi alle disposizioni della norma SIA 180 «Isolamento termico e protezione contro l'umidità degli edifici».

Devono essere rispettate le seguenti temperature ambiente:

Tab. 4.1 Temperature ambiente

Locale	Temperatura min	Temperatura max	Set point / Temperatura
Impianto AT/BT	12 °C	30 °C	Inverno: 15 °C / Estate: 25 °C
Locali UPS	12v °C	30 °C	Inverno: 20 °C / Estate: 25 °C
Locali batterie	15 °C	25 °C	Inverno / Estate: 20 °C
Locali trasformatori	12 °C	40 °C	-
Sistemi di gestione e comando impianti, infrastruttura OT	12 °C	30 °C	Inverno: 15 °C / Estate: 25 °C

Sale ventilatori	12 °C	40 °C	-
Locali telefonia mobile	12 °C	30 °C	-
Magazzini / Locali accessori	12 °C	30 °C	-

I valori minimi e massimi della temperatura ambiente costituiscono i parametri di progettazione per il dimensionamento rispettivamente dei sistemi di riscaldamento e raffreddamento. Nei locali combinati (p. es. UPS e batterie nello stesso locale) si applicano i requisiti maggiori.

Nei locali tecnici delle centrali tecniche in galleria l'umidità relativa deve essere compresa tra il 25% e l'80%. Non deve formarsi condensa.

4.3 Ventilazione

Le centrali e i locali tecnici servono a fornire energia, aria e luce in galleria, nonché a garantire la comunicazione all'interno e verso l'esterno. Tali funzioni vengono assicurate mediante trasformatori, impianti elettrici di commutazione, ventilatori e centraline elettroniche. I dispositivi elettrici o elettronici delle centraline di diversi impianti negli armadi di derivazione disperdono in parte calore, che deve poi essere dissipato per garantire il funzionamento degli impianti.

Per effetto del traffico nella galleria e del sistema di ventilazione della stessa, la pressione dell'aria non è mai costante. Le differenze di pressione che si verificano sono significativamente più elevate rispetto a situazioni normali all'aperto. Il costante variare della pressione, soprattutto a causa dell'effetto pistone dei veicoli, fa sì che l'aria con tutti i suoi agenti inquinanti possa penetrare nei locali tecnici. Prevenire tale eventualità rientra tra le funzioni del sistema di ventilazione dei locali che possono essere riassunte nel seguente elenco:

- far defluire il calore prodotto nei locali;
- mantenere nei locali una sovrappressione rispetto alla galleria e all'esterno in ogni condizione di esercizio;
- assicurare l'approvvigionamento di aria fresca nei locali delle centrali;
- condizionare l'aria in circolazione in modo che le temperature ambiente e i valori di umidità dei locali possano essere mantenuti in un range definito (v. tab. 4.1).

Tali requisiti devono essere soddisfatti in maniera ottimale sotto il profilo energetico (v. cap. 4.7) ed economico, possibilmente con componenti e tecnologie disponibili in commercio. Poiché le apparecchiature rimangono in funzione per tutto l'anno, gli impianti RVC devono essere dimensionati per l'esercizio continuato e presentare un'affidabilità molto elevata. Tutti i componenti dell'impianto utilizzati vantano una lunga durata (superiore a 20 anni) e funzionano consumando meno energia possibile. In inverno il calore residuo viene utilizzato per riscaldare i locali con un deficit termico (quali magazzini ecc.). Gli impianti devono essere progettati nell'ottica della massima semplicità di configurazione e facilità di manutenzione.

Soddisfare tutte queste esigenze non è banale perché in parte si escludono a vicenda (tipo di costruzione semplice e robusto non ottimizzato a livello energetico oppure tipo di costruzione complesso ottimizzato a livello energetico). Per questo motivo si procede secondo le priorità di seguito indicate:

- garanzia delle funzioni;
- economicità (facilità di manutenzione contro esercizio a consumo energetico ridotto);
- semplificazioni costruttive.

I requisiti di sicurezza comprendono anche una struttura semplice e non dispersiva degli impianti RVC, che consenta di svolgere gli interventi di assistenza correttamente e nel modo più rapido possibile. Per questo motivo gli impianti RVC vengono

realizzati in maniera modulare e possibilmente con elementi identici in tutte le centrali tecniche in galleria. Occorre prevedere materiale di ricambio supplementare (singoli moduli e parti di usura) che il servizio di manutenzione deve tenere a magazzino. I dispositivi devono essere scelti tenendo in considerazione la massima sicurezza di funzionamento possibile. Tutti i normali lavori di manutenzione (p. es. sostituzione dei filtri) devono poter essere svolti senza impiego di utensili.

4.3.1 Gruppi di locali

Sulla base del calore generato e delle funzioni di sicurezza, i locali previsti nelle centrali tecniche in galleria vengono suddivisi nei seguenti gruppi (1–4):

Tab. 4.2 Gruppi di locali

Locale	N. gruppo	Osservazioni
Impianto AT/BT	3	Locali con calore residuo medio
Locali UPS	1	Locali molto importanti con calore residuo costantemente elevato
Locali batterie	4	Locali con calore residuo scarso o assente
Locali trasformatori	2	Locali molto importanti con calore residuo elevato o caratterizzato da forti oscillazioni
Sistemi di gestione e comando impianti	3	Locali con calore residuo medio
Sistemi di gestione e comando impianti con infrastruttura OT	2	Locali molto importanti con calore residuo elevato o caratterizzato da forti oscillazioni
Sistemi di gestione e comando impianti con convertitori di frequenza	2	Locali molto importanti con calore residuo elevato o caratterizzato da forti oscillazioni
Sale ventilatori	3	Locali con calore residuo medio
Locali telefonia mobile	1	Locali molto importanti con calore residuo costantemente elevato
Magazzini / Locali accessori	4	Locali con calore residuo scarso o assente

Poiché non tutti i locali presentano lo stesso calore residuo, la ventilazione dei locali viene progettata in modo da sfruttare il calore in eccesso per riscaldare i locali dove ne viene prodotto meno, così come in generale per aumentare all'occorrenza la temperatura dell'aria esterna.

Fatta eccezione per i locali batterie e i servizi igienici, la qualità dell'aria di scarico in uscita dai locali è di norma tanto elevata da poter essere riutilizzata direttamente per il ricircolo (senza scambiatori). Per questo motivo gli impianti RVC vengono realizzati senza sistemi di recupero del calore (come p. es. scambiatori a piastre o rotanti).

4.3.2 Compartimenti tagliafuoco e ventilazione

Dal punto di vista della ventilazione, i seguenti locali delle centrali costituiscono compartimenti tagliafuoco separati:

- locali trasformatori;
- locali batterie;
- sale ventilatori;
- corridoi (come vie di fuga).

I locali con impianti AT/BT, i locali UPS, i magazzini e i locali accessori possono essere considerati come un unico compartimento tagliafuoco.

4.3.3 Sensori della temperatura ambiente

Nella tabella sottostante sono riportati i locali che devono essere provvisti di un sensore della temperatura ambiente.

Tab. 4.3 Sensori della temperatura ambiente

Locale	Sensore
Impianto AT/BT	Sì
Locali UPS	Sì
Locali batterie	Sì
Locali trasformatori	Sì, un sensore per ogni locale trasformatore
Sistemi di gestione e comando impianti	Sì
Sale ventilatori	No
Locali telefonia mobile	Sì
Magazzini / Locali accessori	No

4.3.4 Sistemi di ventilazione dei locali tecnici

In tutti i locali dotati di impianti elettromeccanici viene immessa aria tramite un dispositivo di ventilazione. L'aria esterna viene aspirata all'aperto e se possibile condotta fino a tale dispositivo tramite canali a contatto con il terreno o registri geotermici. A seconda dei requisiti termici, l'aria esterna può essere mescolata con aria di ricircolo, filtrata, eventualmente raffreddata e deumidificata oppure riscaldata e distribuita nei locali tramite il ventilatore dell'aria di alimentazione. L'introduzione di aria e la captazione dell'aria di scarico nei locali con impianti elettrici di commutazione avvengono tramite canali al soffitto, puntando a ottenere un flusso longitudinale o trasversale. Nei locali con un elevato calore residuo, dal canale di alimentazione vengono condotti nel doppio pavimento uno o più canali forati.

Almeno un ventilatore (aria di scarico) deve essere collegato alla rete UPS (corrente di emergenza) affinché il raffreddamento sia garantito anche in caso di blackout. I ventilatori dell'aria di alimentazione e di scarico sono provvisti di una curva caratteristica ripida affinché in caso di guasto di uno di dei due la potenza dell'altro sia ancora sufficiente a mantenere il flusso nel locale (raffreddamento).

Le serrande di aria esterna, aria di ricircolo e aria di smaltimento del dispositivo di ventilazione sono regolate in continuo in funzione della temperatura. Il dispositivo di regolazione di domanda e offerta gestisce le serrande per il recupero energetico a seconda dell'entalpia dell'aria esterna / aria di scarico. In caso di necessità di riscaldamento, l'impianto viene dapprima avviato con miscelazione dell'aria di ricircolo e secondariamente, prima dell'attivazione della macchina frigorifera, come pompa di calore. Se occorre diminuire la temperatura, l'impianto viene avviato inizialmente in modalità «free cooling», prima dell'attivazione della macchina frigorifera per il raffreddamento meccanico.

4.3.5 Sistemi di ventilazione dei locali trasformatori

Il calore residuo prodotto dai trasformatori è soggetto a forti oscillazioni. Esso dipende dal carico di lavoro dei trasformatori stessi, soprattutto per il funzionamento della ventilazione in galleria. I sistemi di ventilazione dei locali trasformatori vengono pertanto attivati singolarmente all'occorrenza in funzione della temperatura ambiente. Per ogni locale trasformatori è previsto un sensore della temperatura ambiente. Poiché per i locali trasformatori è consentita una temperatura ambiente (max 40 °C) superiore agli altri locali tecnici (max 30 °C), la portata d'aria può essere inferiore. L'impianto di alimentazione dell'aria è provvisto di un sistema di pura filtrazione senza ulteriore trattamento termico dell'aria. Nei locali dei trasformatori l'immissione dell'aria avviene a livello del pavimento, la captazione al soffitto. Per motivi di sicurezza il calore residuo dei trasformatori non viene utilizzato per riscaldare l'aria nei locali tecnici. L'aria di smaltimento viene convogliata direttamente all'aperto tramite una rete di canali.

I locali trasformatori possono anche essere dotati di una ventilazione naturale (grazie alla spinta dell'aria calda) tramite griglie anti-intemperie nelle pareti. A tale scopo, tuttavia, i locali trasformatori devono essere predisposti fuori terra con pareti esterne. Lo svantaggio della ventilazione naturale è il mancato filtraggio dell'aria esterna immessa nel locale.

4.3.6 Sistemi di ventilazione dei locali batterie

Se vengono impiegate batterie a manutenzione ridotta (chiuse), il locale batterie deve essere dotato di un ventilatore di smaltimento supplementare con rete di tubazioni in plastica (PVC o PP). Se vengono utilizzate batterie senza manutenzione (sigillate) il ventilatore di smaltimento con rete di tubazioni può anche essere realizzato in lamiera di acciaio zincata. La presa dell'aria di alimentazione dovrebbe trovarsi in prossimità del pavimento, oppure l'aria immessa dovrebbe essere convogliata direttamente o indirettamente verso il pavimento con griglie di ventilazione. Lo scarico dell'aria deve avvenire in prossimità del soffitto oppure direttamente sopra al punto di uscita del gas (ossia sopra alle batterie) tramite aspirazione alla fonte. L'aria di smaltimento viene convogliata all'aperto oppure nella galleria. Il ricambio di aria avviene tramite un canale da una sala apparecchi attigua oppure direttamente dall'impianto di alimentazione dell'aria dei locali tecnici. Al fine di prevenire un cortocircuito dei flussi di ventilazione è necessario prevedere una sufficiente distanza fra le aperture di immissione e scarico dell'aria. L'impianto non deve essere realizzato con protezione antideflagrante ed è dimensionato per il funzionamento continuo.

4.3.7 Sistemi di ventilazione dei servizi igienici

I servizi igienici vengono aerati tramite un ventilatore separato e l'aria di smaltimento viene, se possibile, convogliata direttamente all'aperto o nella galleria. L'attivazione del ventilatore avviene tramite contatto luce con commutazione ritardata oppure mediante un rilevatore di movimento.

4.4 Riscaldamento

Se possibile andrebbe evitato il riscaldamento meccanico dei locali tecnici. Se invece occorre aumentare la temperatura, i locali tecnici vengono riscaldati tramite registri geotermici (canale o tubi a contatto con il terreno) e tramite la miscelazione con una quota di aria calda di scarico o di ricircolo che sfrutta il calore residuo degli impianti di esercizio come quadri elettrici ecc.

Nel caso in cui mediante le misure sopra citate non sia possibile raggiungere il valore minimo della temperatura ambiente nei locali tecnici, è necessario prevedere un riscaldamento meccanico (p. es. mediante una pompa di calore).

Per motivi di sicurezza (atti vandalici), i componenti dei riscaldamenti meccanici quali ventilatori, motori, compressori, registri ecc. devono essere installati all'interno delle centrali tecniche in galleria e non come unità esterne. Nella centrale di ventilazione va quindi considerato lo spazio necessario a tale scopo. Allo stesso modo, le prese dell'aria esterna e di smaltimento sulle facciate devono essere provviste di griglie anti-intemperie.

Non è consentita l'installazione di nuovi impianti fissi a resistenza elettrica per il riscaldamento degli edifici, che non devono essere impiegati come riscaldamento supplementare. Un impianto è considerato supplementare quando il riscaldamento principale non è in grado di coprire l'intero fabbisogno. Per riscaldamento fisso a resistenza elettrica si intende un apparecchio di riscaldamento collegato in maniera stabile a un fabbricato e destinato alla produzione di calore per i locali, nel quale una resistenza elettrica cede calore direttamente all'ambiente oppure a un accumulatore di energia (accumulo con un elemento riscaldante elettrico).

4.5 Raffreddamento

Il raffreddamento esclusivamente tramite preraffreddamento naturale dell'aria esterna mediante registri geotermici e la miscelazione con una quota più fredda di aria di scarico o di ricircolo non è di norma sufficiente, ma può ridurre la potenza frigorifera richiesta e i tempi di esercizio degli impianti di raffreddamento meccanici.

Nel caso in cui mediante le misure sopra citate (registri geotermici e miscelazione dell'aria di ricircolo) dovesse essere superata la temperatura ambiente massima di +30 °C nei locali tecnici è necessario un raffreddamento meccanico.

Tale raffreddamento deve essere progettato con un approccio integrale in considerazione dell'andamento annuale di caldo e freddo, dello sfruttamento del calore di scarico e del raffreddamento passivo («free cooling»). L'obiettivo è ottenere la migliore efficienza energetica possibile nel corso dell'anno.

Con i nuovi sistemi di raffreddamento devono necessariamente essere presi in esame progetti senza macchina frigorifera, ovvero basati su raffreddamento passivo puro, sonde geotermiche, raffreddatori ibridi, acqua ecc.

Se da tali accertamenti dovesse emergere che è comunque necessaria una macchina frigorifera, per la pianificazione di quest'ultima devono essere considerate le disposizioni della norma SIA 382/1.

È necessario calcolare i carichi termici risultanti, così come la capacità di raffreddamento naturale dell'edificio (superfici in calcestruzzo).

Per ogni centrale tecnica in galleria deve essere impiegata una sola macchina frigorifera centrale.

Singoli locali con elevato calore residuo – dedicati per esempio a server, telefonia mobile o UPS – possono essere anche raffreddati direttamente tramite apparecchi refrigeranti a ricircolo d'aria (armadi refrigerati).

Per motivi di sicurezza (atti vandalici), i componenti dei raffreddamenti meccanici come ventilatori, motori, compressori, registri ecc. devono essere installati all'interno delle centrali tecniche in galleria e non come unità esterne. Va quindi considerato lo spazio necessario a tale scopo all'interno della centrale. Le prese dell'aria esterna e di smaltimento sulle facciate devono essere provviste di griglie anti-intemperie. Devono essere previsti scarichi a pavimento per la condensa prodotta dai sistemi di raffreddamento.

4.6 Umidificazione / Deumidificazione

Normalmente non è necessario prevedere l'umidificazione o la deumidificazione dell'aria immessa.

Nel caso degli impianti RVC delle centrali tecniche all'imbocco e intermedie (aspirazione di aria esterna tramite un canale tecnico), è necessario prevedere in ogni caso lo spazio necessario e le corrispondenti parti vuote all'interno del dispositivo di ventilazione affinché sia sempre possibile realizzare agevolmente in un momento successivo gli interventi necessari alla deumidificazione meccanica. Il fabbisogno di corrente supplementare richiesto in caso di installazione successiva deve essere disponibile e previsto come riserva.

Le strutture sotterranee in calcestruzzo sono in linea di massima soggette a condensa nei mesi estivi. Nelle opere di nuova costruzione, prima dell'installazione di impianti elettromeccanici è necessario assicurarsi tramite deumidificatori che l'umidità del calcestruzzo sia ridotta al minimo. L'esperienza insegna che la condensa si presenta normalmente solo nei primi anni dopo la costruzione dei locali. Nelle centrali

tecniche preesistenti con impianti RVC già installati non dovrebbe quindi verificarsi alcuna condensa.

4.7 Efficienza energetica

Per migliorare l'efficienza energetica dei sistemi di raffreddamento/riscaldamento per gli impianti di esercizio dal punto di vista economico ed ecologico, va preso in esame l'impiego di fonti energetiche rinnovabili (p. es. la geotermia).

4.7.1 Registri geotermici (canale o tubi a contatto con il terreno)

Le prese di aria esterna per gli impianti di ventilazione dei locali sono realizzate tramite registri geotermici (canali a contatto con il terreno). In questo modo è possibile ottenere un effetto di preriscaldamento in inverno e di preraffreddamento in estate a copertura almeno parziale del fabbisogno termico. È necessario verificare il rapporto costi-benefici dei registri geotermici (rapporto tra costi di costruzione e risparmi energetici).

Sotto il profilo energetico, un canale tecnico o un cunicolo di sicurezza possono essere considerati come registri geotermici per gli impianti RVC.

4.7.2 Miscelazione dell'aria di ricircolo

Le serrande di aria esterna, aria di ricircolo e aria di smaltimento degli impianti di ventilazione dei locali sono regolate in continuo in funzione della temperatura. I dispositivi di regolazione di domanda e offerta gestiscono le serrande per il recupero energetico a seconda dell'entalpia (contenuto termico) dell'aria esterna e di scarico. In inverno, pertanto, l'aria esterna fredda può essere miscelata con la aria di scarico più calda dei locali delle centrali di esercizio.

4.7.3 Ventilatori dei sistemi di aerazione dei locali tecnici

Nel caso degli impianti oltre i 3000 m³/h, per regolare le portate d'aria devono essere impiegati regolatori di portata. I canali di alimentazione e scarico di tutti i locali con calore residuo – quali locali UPS, BT, AT ecc. – vengono dotati di regolatori di portata variabili per configurare la portata volumetrica in funzione del fabbisogno a seconda delle temperature ambiente. I locali senza calore residuo e i locali accessori vengono ventilati in maniera costante con portate d'aria inferiori (con regolatori a portata costante). La velocità dei ventilatori dell'aria di alimentazione e di scarico è regolata con convertitori di frequenza.

4.7.4 Impianti di raffreddamento / Pompe di calore

Solo nel caso in cui le potenze dei registri geotermici e la miscelazione dell'aria di ricircolo non siano sufficienti a ottenere la temperatura di immissione desiderata vengono messi in funzione impianti di raffreddamento e pompe di calore. Queste misure consentono di ridurre i tempi di esercizio degli impianti di raffreddamento e delle pompe di calore, diminuendo in questo modo il consumo di energia elettrica. Così facendo è inoltre possibile prevedere impianti di refrigerazione e pompe di calore di dimensioni più contenute. I compressori di impianti di raffreddamento e pompe di calore, così come i corrispondenti ventilatori, sono a velocità variabile e vengono configurati in funzione del fabbisogno.

Impianti di raffreddamento e pompe di calore devono soddisfare i valori EER/COP secondo la norma SIA 382/1. Il valore COP (Coefficient of Performance) indica il rapporto tra il calore prodotto dalla pompa di calore e l'energia necessaria a tal fine (corrente). Il valore EER (Energy Efficiency Ratio) indica il rapporto tra il freddo prodotto dalla macchina frigorifera e la necessaria energia (corrente).

Il valore ODP (Ozone Depletion Potential, ovvero il potenziale di riduzione dell'ozono) del refrigerante impiegato negli impianti di raffreddamento / nelle pompe di calore deve essere pari a 0. L'ODP è un parametro che esprime gli effetti nocivi di

una sostanza chimica sullo strato di ozono nella stratosfera. Si tratta di un valore relativo, che confronta gli effetti di una sostanza chimica con quelli del triclorofluorometano (R11), una sostanza cui è stato assegnato il valore ODP 1 nel protocollo di Montreal.

Nella scelta del refrigerante previsto per gli impianti di raffreddamento deve necessariamente essere rispettata e applicata l'ordinanza concernente la riduzione dei rischi nell'utilizzazione di determinate sostanze, preparati e oggetti particolarmente pericolosi (ORRPChim; RS 814.81) con le disposizioni sulla messa in circolazione di impianti fissi con refrigeranti.

4.7.5 Set point differenti per le temperature ambiente (passaggio dalla stagione estiva a quella invernale)

Nell'ottica del risparmio energetico, i set point della temperatura ambiente dei locali tecnici devono generalmente essere pari a +25 °C in estate e +15 °C in inverno (isteresi fissa 10 K). La modalità invernale (p. es. da inizio novembre alla fine di marzo) può essere attivata e disattivata in maniera automatica tramite i sistemi di comando e regolazione degli impianti RVC. In alternativa, la modalità invernale può essere attivata quando il sensore della temperatura esterna misura una media diurna inferiore a 12 °C.

4.7.6 Raffreddamento efficiente dei quadri elettrici nei locali tecnici.

Nei locali con un elevati carichi di calore residuo (come locale UPS, BT ecc.), dal canale di alimentazione dell'aria vengono condotti nel doppio pavimento uno o più canali forati. L'aria raffreddata attraverso in questo modo i quadri elettrici con le loro fonti di calore interne e li raffredda in maniera efficiente.

4.7.7 Locali UPS

Nei locali UPS l'aria viene immessa tramite il doppio pavimento e l'aria di scarico viene captata direttamente sopra all'impianto UPS. In questo modo il locale si riscalda più lentamente.

4.8 Sistemi di comando, regolazioni

In merito a compiti, struttura del sistema e precise descrizioni delle prestazioni dei sistemi elettronici di comando e regolazione degli impianti RVC si rimanda al progetto di intervento o di dettaglio.

4.8.1 Quadri elettrici

Per ogni centrale, un quadro elettrico viene dotato di terminale con display grafico a colori (touchscreen) per la visualizzazione di semplici schemi di processo. Ogni dispositivo di campo (serranda tagliafuoco, ventilatore, sensore ambientale ecc.) deve essere rappresentato nelle immagini di sistema con indicazione di funzionamento e anomalie, nonché interruttori di esercizio. Le serrande antincendio e tutte le valvole motorizzate devono essere visualizzate con l'indicazione della loro attuale posizione. Vengono inoltre riportati anche i valori misurati dai sensori di temperatura, umidità e pressione. Gli impianti di raffreddamento / le pompe di calore sono rappresentati come immagini di sistema; devono essere altresì trasmesse le segnalazioni relative a modalità operativa e anomalie dei corrispondenti comandi separati. Tutte le segnalazioni relative a modalità operativa e anomalie attuali e precedenti sono elencate sul display grafico del terminale.

4.8.2 Sistema di comando e regolazione

I sistemi elettronici di comando e regolazione degli impianti RVC devono funzionare autonomamente. Dopo un'interruzione di corrente, gli impianti RVC e i relativi sistemi di comando e regolazione devono riprendere automaticamente l'esercizio. Quando

si attiva il sistema IRAI, per motivi di sicurezza il riconoscimento dell'allarme va effettuato tramite il pulsante corrispondente del quadro elettrico sul posto.

4.8.3 Valori di misurazione e segnalazioni

I sistemi elettronici di comando e regolazione degli impianti RVC rilevano costantemente i seguenti valori, che vengono registrati in modo retroattivo per un anno a intervalli di 15 minuti:

- temperatura ambiente dei locali tecnici (trasformatori, UPS, batterie, BT, AT ecc.);
- temperatura e umidità dell'aria esterna, di alimentazione e di scarico;
- consumo di energia (kWh); il consumo di impianti di raffreddamento e pompe di calore deve essere indicato separatamente rispetto al consumo complessivo degli impianti RVC;
- contatore di esercizio;
- tutte le segnalazioni relative a modalità operativa e anomalie.

I valori di misurazione devono poter essere raffigurati sotto forma di curve sul display grafico (touchscreen) del terminale e i set di dati devono poter essere letti ogni 15 minuti. I sistemi elettronici di comando e regolazione degli impianti RVC devono disporre di una memoria sufficiente a registrare i valori misurati in un anno. I dati di misurazione servono a ottimizzare gli impianti durante l'esercizio. Parametri di regolazione e set point vengono configurati in loco.

4.8.4 Collegamento al sistema di gestione UeLS

Il collegamento dei sistemi di comando al livello di esercizio (sistema generale di gestione impianti stradali UeLS) avvengono tramite la centralina di sezione attraverso la centralina di comando per gli impianti annessi o ausiliari.

Per le segnalazioni e i punti dati si applica la Direttiva 13032 Engineering dati BSA.

5 Specifiche tecniche

5.1 Requisiti relativi ai materiali

I materiali impiegati per i componenti RVC devono soddisfare le norme vigenti e corrispondere allo stato dell'arte del settore.

5.2 Corrosione e trattamenti delle superfici

I requisiti generali relativi ai componenti dell'impianto dipendono in linea di massima dalla sede di montaggio e installazione. Le condizioni climatiche con atmosfera non aggressiva / aggressiva in seguito alle immissioni dalla carreggiata (sale) sono definite nella scheda tecnica Componenti, Temi 23 001-12210 Zone e condizioni climatiche del manuale tecnico BSA dell'USTRA. Le strutture e la protezione delle superfici di tutti i componenti devono soddisfare almeno i requisiti per la zona 40 (locali di esercizio) secondo la citata scheda tecnica.

Dopo il montaggio degli impianti RVC occorre ripristinare le protezioni delle superfici eventualmente danneggiate. Tutti gli elementi di fissaggio come viti, dadi, rondelle, ganci ecc. sono realizzati in acciaio zincato a caldo.

5.3 Dispositivi monoblocco

Gli involucri dei dispositivi monoblocco devono essere realizzati con una solida struttura metallica a doppia parete con isolamento intermedio, zincatura Sendzimir (interno ed esterno) e verniciatura a polvere.

Requisiti generali dei dispositivi monoblocco:

- configurazione come da norma SIA 382;
- struttura degli apparecchi conforme alla direttiva SITC VA 104-01 (VDI 6022);
- spessore dell'isolamento degli apparecchi pienamente conforme ai requisiti della norma SIA 382/1;
- lamiera di rivestimento con zincatura Sendzimir (interno ed esterno) e verniciatura a polvere min 100 µm;
- cerniere e chiusure in V2A/plastica;
- vasche di scarico e materiale di collegamento/fissaggio per i componenti in V2A;
- telaio manicotto zincato;
- indicatore di controllo e illuminazione di ventilatore e macchina frigorifera / pompa di calore.

Per garantire una buona accessibilità agli elementi montati devono essere previsti sportelli a chiusura ermetica. Smorzatori di vibrazioni tra dispositivi e piastre di fondazione, nonché manicotti flessibili sulle aperture di aspirazione e pressione degli involucri degli apparecchi rientrano nella fornitura. Nella scelta dei dispositivi monoblocco vanno considerati gli spazi disponibili visibili sul posto.

I dispositivi monoblocco devono essere forniti con telaio di base e piedini di regolazione. Gli sportelli d'ispezione devono essere dotati di cerniere e chiusure.

5.4 Apparecchi refrigeranti a ricircolo d'aria

Apparecchi refrigeranti a ricircolo d'aria (armadi refrigerati) composti da:

- involucro con verniciatura a polvere;
- aspirazione aria dall'alto;

- ventilatori con motore;
- filtro dell'aria di ricircolo;
- batteria radiatori caldo-freddo;
- componente del quadro elettrico con regolazione tramite microprocessore.

Laddove impiegati, gli apparecchi refrigeranti a ricircolo d'aria devono essere dotati di valvole meccaniche ben accessibili per chiudere le condotte dell'acqua di refrigerazione.

Nei locali con infrastruttura OT: sotto agli apparecchi refrigeranti sono montate vasche di raccolta (altezza minima: 5 cm) che coprono tutte le valvole e i raccordi di tubazioni e dispositivi di raffreddamento.

5.5 Serrande ad alette

Tutte le serrande devono essere realizzate come serrande ad alette contrapposte a tenuta d'aria in base alla norma DIN 1946. Nelle versioni automatiche un motore di azionamento per ogni dispositivo a serranda. Estremità dell'albero libera sporgente per azionamento motorizzato, asta di collegamento compresa. La posizione della serranda deve essere riconoscibile in modo univoco e permanente all'esterno dell'alloggiamento. Le serrande manuali devono poter essere regolate senza impiego di utensili.

5.6 Serrande di scarico della pressione

Alette accoppiate in maniera sincronizzata mediante asta di collegamento esterna, regolabili facilmente tramite contrappeso. Deve essere possibile una regolazione di precisione per aumentare e ridurre il carico. In posizione di riposo le alette sono chiuse. In caso di aumento della pressione oltre il valore predefinito, le alette si aprono e dopo la diminuzione della pressione ritornano automaticamente nella loro posizione iniziale.

5.7 Filtri dell'aria

Filtri dell'aria a tasche classe EU4 per prefiltri ed EU8 per filtri per polveri sottili come da EN 779 / SIRC-84. Devono essere garantite lunghe durate di funzionamento. Vengono impiegati filtri in fibra di vetro o altri materiali filtranti non provvisti di una carica elettrostatica per assicurare un'efficienza costante. Per il monitoraggio dei filtri devono essere previsti appositi rilevatori con spie e contatti (misurazione della pressione differenziale). I dispositivi di segnalazione e commutazione sono integrati in una console di montaggio installata sul lato di ispezione.

5.8 Ventilatori

Ventilatori sotto forma di giranti radiali installate pronte all'uso nel dispositivo monoblocco. La girante del ventilatore con alette curvate all'indietro, montata direttamente sul motore a rotore esterno EC per il funzionamento con un'unità elettronica di commutazione (<5000 m³/h) o su un motore trifase IEC per il funzionamento con convertitore di frequenza (>5000 m³/h).

Requisiti dei ventilatori e accessori:

- potenza specifica dei ventilatori, compreso il rendimento dei convertitori di frequenza, conforme alle disposizioni sui valori limite indicati nella norma SIA 382/1;
- ventilatori in set di montaggio con zincatura Sendzimir e verniciatura a polvere 80 -100 µm;
- girante del ventilatore in acciaio con saldatura parziale e verniciatura a polvere min 100 µm;
- mozzo del ventilatore in alluminio o acciaio laccato;

- boccaglio del ventilatore in acciaio rivestito 80 µm;
- albero ventilatore e viti in V2A;
- struttura portante del ventilatore in acciaio rivestito 80 µm;
- dispositivo di misurazione della portata volumetrica, circuiti di misurazione verso l'esterno condotti su 2 raccordi di misurazione.

5.9 Aspetti generali dei motori

Tensione di esercizio: 400 V 3/N ~ 50 Hz

Tensione di comando: 230 V ~ 50 Hz

Tipologia costruttiva: Motori trifase norma IEC, B3, IP 44 in conformità alla classe di rendimento EFFH, motori per controllo velocità con termistore PTC. Motori EC con classe di efficienza IE3 o IE4.

5.10 Canali di ventilazione

Sono compresi tutti i componenti dei canali realizzati in lamiera, le prese di pressione e i coni di aspirazione dei dispositivi, gli elementi di raccordo, i deflettori e i necessari materiali di collegamento, fissaggio e sospensione. Deve essere considerato lo schema di messa a terra.

5.10.1 Realizzazione dei canali in lamiera

Tutte le curve devono essere dotate di un sufficiente numero di deflettori oppure il raggio di curvatura deve essere pari ad almeno 1 D. Per una distribuzione uniforme dell'aria devono essere montati tutti i necessari dispositivi di regolazione. Occorre prevedere un numero sufficiente di sportelli di controllo e misurazione.

5.10.2 Materiali

Lamiera di acciaio zincata, tutti gli spigoli zincati a freddo. In alternativa è possibile utilizzare lamiera Aluman. Tutte le sospensioni e i fissaggi devono essere isolati galvanicamente (basamenti in gomma) in considerazione del pericolo di corrosione elettrolitica.

5.10.3 Spessori della lamiera

Larghezza canale maggiore	Spessore lamiera
in mm	in mm
fino a 200	0,56
da 201 a 400	0,62
da 401 a 1000	0,75
da 1001 a 1500	0,87
da 1501 a 2500	1,00
Oltre 2501	1,25

Se la larghezza supera i 500 mm i canali devono essere provvisti di rinforzi.

5.11 Collegamenti

5.11.1 Canali

Sostanzialmente devono essere scelti sempre collegamenti che presentino la tenuta richiesta.

5.11.2 Tubi

Raccordi flangiati o incollati. Questi ultimi devono essere resistenti all'invecchiamento, nonché a temperature fino a 60 °C.

5.11.3 Canali speciali

I canali degli impianti RVC con pressioni oltre i 400 Pa vanno realizzati e montati a tenuta. Devono soddisfare la classe di tenuta di tipo C prevista da Eurovent 2/2. Le perdite non devono superare il 3% della portata volumetrica nominale. La classe di tenuta dipende quindi dell'estensione delle reti di canali. Il committente e il progettista hanno il diritto di richiedere prove di tenuta.

5.12 Sospensioni

Canali e tubi devono essere fissati al soffitto tramite sospensioni che riducano il rumore strutturale.

5.13 Attraversamento di pareti e soffitti

Canali e tubi sono rivestiti da una guaina in lana minerale dello spessore di 10 mm, densità apparente 80 kg/m³, sporgente di 10 cm su entrambi i lati.

5.14 Isolamento dei canali

Secondo la direttiva SITC 92-2B, nella sezione sulle specifiche A3.7 relativa all'isolamento delle condotte dell'aria. Tutti i canali dell'aria esterna e dell'aria di smaltimento delle pompe di calore / degli impianti di raffreddamento devono essere isolati termicamente all'esterno per prevenire la formazione di condensa. Nella scelta del materiale isolante vanno considerate le prescrizioni antincendio AICAA locali.

Isolamenti ignifughi secondo le prescrizioni antincendio AICAA locali e certificate secondo le norme EN 1366-1:2014 e EN 15882-1+A1:2017.

5.15 Attenuatori acustici

Per l'isolamento acustico degli impianti RVC devono essere previsti attenuatori acustici a setti fonoassorbenti.

5.15.1 Struttura a setti fonoassorbenti

Stabile telaio perimetrale in lamiera di acciaio zincata, copertura bilaterale in lamiera forata zincata. Materiale di riempimento: lana minerale non combustibile e non igroscopica. Tessuto non tessuto in fibra di vetro inserito come barriera antipolvere, resistente all'usura fino a velocità di passaggio pari a 20 m/s. In caso di velocità superiori a 10 m/s i telai dei setti fonoassorbenti devono essere equipaggiati sul lato di ingresso con una copertura aerodinamica semicircolare.

5.15.2 Struttura dell'involucro

Lamiera zincata per attenuatori acustici per canali con telaio bilaterale e corrispondente controtelaio forato.

5.16 Griglie di ventilazione

5.16.1 Griglie di alimentazione

Griglie di diffusione con alette orizzontali e verticali e regolazione della portata a movimento contrapposto.

5.16.2 Griglie di scarico

Griglie di diffusione con alette verticali e regolazione della portata a movimento contrapposto.

5.16.3 Valvole di scarico

Devono essere impiegate valvole a disco a innesto in plastica.

5.16.4 Griglie anti-intemperie

Versioni in acciaio inossidabile V4A, We 1.4435 o 1.4571 nello spazio di circolazione e We 1.4401 all'aperto, con griglie di protezione contro gli uccelli, bassa perdita di pressione e ridotto livello acustico. Scelta del materiale dell'eventuale telaio per muratura con fissaggi in base alla griglia anti-intemperie.

5.17 Serrande tagliafuoco

Devono essere realizzate a tenuta di fumo e con zincatura a caldo. La struttura deve essere certificata AICAA.

Resistenza al fuoco richiesta: EI 90.

Serrande tagliafuoco plug-in, con omologazione AICAA e sistema di sicurezza integrato, idonee per l'isolamento di compartimenti tagliafuoco negli impianti RVC. Stati operativi e anomalie di funzionamento vengono segnalati visivamente sulla centralina di controllo (nel quadro elettrico). Il guasto del dispositivo di sgancio termoelettrico (> 72 °C) o di un eventuale rilevatore di fumo viene visualizzato tramite un LED separato. Alimentazione elettrica e comunicazione dati tramite linea a 2 conduttori.

Serrande tagliafuoco composte da:

- serranda tagliafuoco EI 90;
- attuatore con ritorno a molla 24 V;
- dispositivo di collegamento e comunicazione;
- dispositivo di sgancio termoelettrico;
- rilevatore di fumo (facoltativo).

In merito a montaggio e accessibilità si applicano integralmente le prescrizioni di protezione antincendio (AICAA) e la direttiva antincendio per gli impianti tecnici d'aerazione.

5.18 Regolatori di portata

5.18.1 Regolatori di portata variabile

Composti da elementi meccanici ed elementi di regolazione elettronici. I dispositivi contengono un sensore della pressione differenziale – che calcola il valore medio per la misurazione della portata volumetrica – e valvole regolatrici.

5.18.2 Regolatori di portata costante

Composti da involucro con valvola regolatrice montata su cuscinetti scorrevoli, soffietto di regolazione e disco a camme esterno con molla a balestra. I regolatori di portata sono impostati di fabbrica su una portata volumetrica di riferimento (valore desiderato regolabile tramite scala).

5.19 Etichette

L'etichettatura di tutti gli elementi degli impianti, gli apparecchi, i dispositivi di campo e i componenti deve avvenire sostanzialmente secondo la Direttiva 13013 AKS-CH e la scheda tecnica Componenti, temi 23 001-12230, Iscrizioni realizzazione del manuale tecnico BSA/IES dell'USTRA.

6 Test degli impianti

Il test degli impianti secondo la Direttiva ASTRA 13028 Controlli e test dell'impianti-stica di esercizio e sicurezza è un processo complesso che necessita di una buona pianificazione e di una documentazione trasparente visto il grande numero di figure esperte e maestranze coinvolte. Il rispetto del programma delle scadenze ha pertanto un'importanza centrale per tutte le maestranze.

6.1 Preparazione della messa in esercizio

Con questa espressione si intende la preparazione per il primo avvio di un impianto RVC una volta che questo è stato completato. Concretamente l'impianto RVC viene preparato per l'esercizio attraverso determinate fasi di lavoro, che nello specifico comprendono:

- verifiche di componenti e sistemi dell'impianto (test funzionali di serrande motorizzate, ventilatori, sensori ecc.);
- verifiche di installazione e funzionamento dei dispositivi di sicurezza (come le serrande tagliafuoco o i collegamenti dell'impianto RVC al sistema di allarme antincendio della centrale tecnica in galleria;
- impostazioni (regolazioni) di tali componenti e sistemi;
- verifiche di tutti gli impianti RVC secondo le procedure tecniche previste (avvio ed esercizio, anomalie, riavvio dopo un'interruzione di corrente, funzionamento con rete UPS ecc.).

6.2 Messa in esercizio

Con questa espressione si indica il primo funzionamento (prima messa in esercizio) di un impianto RVC. In tale contesto non fa alcuna differenza se si tratta della fase di prova di un complesso impianto RVC o del primo funzionamento con successiva consegna dell'impianto RVC.

6.3 Competenze

Competenze e responsabilità devono essere disciplinate in modo chiaro, soprattutto nel caso in cui diverse imprese mettano in esercizio congiuntamente un impianto RVC o in assenza di incarichi complessivi. In tal caso, il ruolo di responsabile spetta all'impresa addetta all'automazione degli edifici (regolazione dell'impianto RVC), che deve coordinare e definire le scadenze dei singoli lavori di messa in servizio e messa in esercizio assieme al direttore tecnico dei lavori / al coordinatore tecnico e alla direzione lavori.

6.4 Piano delle scadenze

Il test dell'impianto richiede un piano dettagliato delle scadenze, al cui interno siano annotate tutte le attività e le varie tappe previste. Le tappe principali sono inoltre parte integrante del programma generale dei lavori e del processo di collaudo e consegna. Nel caso degli impianti RVC di grandi dimensioni non è possibile distinguere in modo chiaro le tempistiche delle fasi di lavoro delle diverse maestranze. Alcune fasi si alternano in maniera fluida o si sovrappongono.

6.5 Verifica del funzionamento e delle prestazioni

Non appena gli impianti RVC sono attivi, bisogna testare le funzioni (avvio ed esercizio, anomalie, riavvio dopo un'interruzione di corrente, funzionamento con rete UPS, disinserimento tramite sistema di allarme antincendio della centrale tecnica

ecc.) e misurare le prestazioni (portate volumetriche, numero di giri dei ventilatori, assorbimento di potenza dei motori ecc.). Queste attività devono essere documentate in maniera trasparente e registrate nel verbale di test dell'impianto.

6.6 Elementi di misurazione

Le portate volumetriche costituiscono un elemento di misurazione decisivo per una corretta messa in esercizio. Possono risultare importanti anche altri valori, come per esempio i risultati delle misurazioni foniche e di flusso. Tali misurazioni richiedono strumenti precisi e le competenze tecniche di uno specialista.

Misurazioni e controlli comprendono:

- potenza termica (riscaldatori d'aria);
- potenza di raffreddamento (radiatori d'aria, raffreddatori a ricircolo d'aria);
- raggiungimento delle temperature di sistema;
- rendimento del recupero di calore;
- assorbimento di corrente;
- numero di giri dei ventilatori;
- portate volumetriche (intero impianto, condotte principali, locali, entrate e uscite);
- classi di tenuta (reti di canali e tubi);
- sovrappressione, parità di pressione o depressione;
- velocità dell'aria ambiente;
- valori fonometrici (all'interno della centrale tecnica e all'esterno in corrispondenza delle griglie anti-intemperie sulle facciate);
- umidità dell'aria ambiente;
- temperatura ambiente.

7 Esercizio e manutenzione

7.1 Ottimizzazione

Dopo che i test singoli dell'impianto, i test compositi, i test dell'oggetto e i test integrali hanno dato esito positivo viene realizzata una fase di prova, che normalmente dura da 2 a 3 mesi.

In seguito alla messa in esercizio degli impianti RVC, i valori / parametri in condizioni estive e invernali devono essere verificati, misurati e all'occorrenza ottimizzati ancora una volta dall'impresa. Occorre registrare e analizzare:

- temperatura dell'aria esterna, di alimentazione e di scarico;
- valori di umidità dell'aria esterna, di alimentazione e di scarico;
- temperatura ambiente dei locali tecnici (trasformatori, UPS, batterie, BT, AT ecc.);
- portata d'aria (costante e variabile) degli impianti RVC;
- valori di misurazione dei pressostati (canale dell'aria di alimentazione e di scarico, sovrappressione canale tecnico, sovrappressione centrale tecnica rispetto all'esterno);
- rilevazioni fonometriche in corrispondenza delle prese dell'aria esterna e di smaltimento;
- consumo di energia (kWh); il consumo di impianti di raffreddamento e pompe di calore deve essere indicato separatamente rispetto al consumo complessivo degli impianti RVC;
- assorbimento di corrente dei singoli componenti RVC;
- ore di esercizio dei singoli componenti RVC;
- tutte le segnalazioni relative a modalità operativa e anomalie.

Nell'ottica dell'ottimizzazione energetica dell'esercizio, il gestore deve poter accedere facilmente ai parametri degli impianti RVC necessari a tale scopo per poterli correggere all'occorrenza anche senza l'intervento del fabbricante.

7.2 Manutenzione

La durata di vita degli impianti RVC dipende in misura sostanziale dalla manutenzione ordinaria. Gli interventi di servizio su questi impianti devono essere effettuati annualmente, ma per determinati componenti, come per esempio i filtri, a intervalli semestrali.

Svolgere regolarmente i lavori di manutenzione è pertanto un fattore importante affinché un impianto RVC funzioni in modo affidabile ed economico. La manutenzione contribuisce a:

- ridurre i costi energetici;
- assicurare la disponibilità;
- allungare la durata di vita;
- garantire l'igiene (questo aspetto è particolarmente importante per filtri dell'aria e scambiatori di calore degli impianti raffreddati ad aria);
- proteggere l'ambiente;
- prevenire le anomalie;
- pianificare in maniera affidabile i costi (anche e specialmente mediante un contratto di manutenzione).

Esercizio e manutenzione degli impianti RVC delle centrali tecniche in galleria devono avvenire secondo la norma SIA 382/1.

In sede di acquisto / bando di gara per gli impianti RVC devono essere appaltate le manutenzioni dei componenti RVC (mediante contratto di manutenzione) per il periodo di garanzia di 3 anni.

La manutenzione degli impianti RVC deve poter essere assicurata dall'Unità territoriale. La documentazione sulla manutenzione necessaria a tal fine deve essere a disposizione del settore Esercizio affinché all'occorrenza possa essere eseguita anche senza il fabbricante o con un supporto esterno.

7.3 Smantellamento e smaltimento

Gli aspetti relativi a smantellamento e smaltimento citati nel capitolo 8 della norma SIA 382/1 devono essere considerati già in fase di pianificazione.

Glossario/Acronimi

Voce	Significato
AKS-CH	<i>Anlagenkennzeichnungssystem Schweiz</i> Sistema svizzero di identificazione degli impianti
AR	<i>Abschnittsrechner</i> Centralina di sezione
AS	<i>Anlagesteuerung</i> Centralina di comando impianto
AICAA	Associazione degli istituti cantonali di assicurazione antincendio
AT	Alta tensione
BMA	<i>Brandmeldeanlage</i>
IRAI	Impianto di rivelazione e allarme antincendio
BSA	<i>Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen</i>
IES	Impiantistica di esercizio e sicurezza
BT	Bassa tensione
COP	<i>Coefficient of Performance</i> Coefficiente di prestazione di una pompa di calore
DS	Divisione Digital Service
EER	<i>Energy Efficiency Ratio</i> Indice di efficienza energetica
FU	<i>Fachunterstützung</i> Sostegno tecnico
FU	<i>Frequenzumwandler</i> Convertitore di frequenza
IBN	<i>Inbetriebnahme</i> Messa in esercizio
IBS	<i>Inbetriebsetzung</i> Messa in servizio
ODP	<i>Ozon Depletion Potential</i> Potenziale di riduzione dell'ozono
OT	<i>Operational Technology</i> Tecnologia operativa
PianMan	Pianificazione manutentiva
PM	<i>Project Management</i> Gestione progetti
PP	Polipropilene
PVC	Polivinilcloruro
SIA	Società svizzera degli ingegneri e degli architetti (Norme)
UARS	<i>Bereich Unternehmensarchitektur und Standards</i> Settore Architettura aziendale e standard
UeLs	<i>Übergeordnetes Leitsystem</i> Sistema generale di gestione impianti stradali
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i> Gruppo elettrogeno di emergenza
WELK	<i>Werkleitungskanal</i> Canale tecnico

Riferimenti normativi e bibliografici

Istruzioni e direttive USTRA

- [1] Ufficio federale delle strade USTRA, (2021) "**Lüftung der Strassentunnel**", *Direttiva ASTRA 13001*, www.ustr.admin.ch.
- [2] Ufficio federale delle strade USTRA, (2008) "**Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln**", *Direttiva ASTRA 13002*, www.ustr.admin.ch.

Norme

- [3] Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA, "**Isolamento termico e protezione contro l'umidità degli edifici**", *norma SIA 180*.
- [4] Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA "**Impianti di ventilazione e di climatizzazione - Basi generali ed esigenze**", *norma SIA 382/1*.

-Manuali tecnici USTRA

- [5] Ufficio federale delle strade USTRA, "**Esercizio**", *Manuale tecnico ASTRA 26010*, www.ustr.admin.ch.

Cronologia redazionale

Edizione	Versione	Data	Operazione
2024	1.00	24.05.2024	Prima versione pubblicata.

