

## Direttiva Ermeticità degli edifici Minergie (RiLuMi)

Versione 2024.1

5. febbraio 2024, valido dal 01.01.2024



## **Ringraziamenti:**

Ringraziamo tutti gli autori e i partecipanti alle consultazioni per il loro prezioso contributo.

Gli autori della prima edizione (2007, risp. 2011) e dell'elaborazione in fase iniziale dell'edizione 2018 della linea guida per la misurazione dell'ermeticità all'aria negli edifici Minergie-A, Minergie-P e Minergie (C. Tanner, et.al), che è servita come base per la revisione.

Un ringraziamento va anche a tutte le aziende che hanno fornito materiale visivo e documenti di pianificazione.

Questa linea guida è stata preparata in collaborazione con l'Associazione Thermografie- und Blower-Door Verband Schweiz (theCH), che ha anche fornito un sostegno finanziario.

Copyright © Associazione Minergie / Thermografie- und Blower-Door Verband Schweiz (theCH)

### Autori

Gregor Notter, Hochschule Luzern – Technik & Architektur / Minergie Svizzera

Michael Wehrli, Comitato Thermografie- und Blower-Door Verband Schweiz (theCH)

Reto Niedermann, Comitato Thermografie- und Blower-Door Verband Schweiz (theCH)

Immagine prima pagina:

Fonte: Scuola universitaria professionale di Lucerna - Ingegneria e architettura; Foto 03.09.2020

Minergie Svizzera  
Segretariato  
Bäumleingasse 22  
4051 Basilea  
T 061 205 25 50  
info@minergie.ch  
www.minergie.ch

# Indice

1	Introduzione	2
	1.1 Antefatti	2
	1.2 Perché l'ermeticità è importante	2
	1.3 Le principali modifiche del 2024 in breve	2
	1.4 Capitoli rilevanti per gli addetti ai lavori	3
2	Documenti e concetti	4
	2.1 Documenti applicabili	4
	2.2 Terminologia	4
3	Requisiti Minergie	6
	3.1 Requisiti da rispettare	6
	3.2 Incertezza di misura totale	8
	3.3 Altri requisiti specifici in materia di valori limite	9
	<b>3.4 Condizioni e competenze per l'individuazione delle infiltrazioni</b>	10
4	Concetto di ermeticità all'aria	12
	4.1 Requisiti per il concetto di ermeticità all'aria	12
	4.2 Concetto di ermeticità all'aria nell'edilizia abitativa	14
	4.3 Concetto di ermeticità all'aria per edifici funzionali	16
	4.4 Gestione degli elementi costruttivi critici	17
	4.5 Transizioni tra elementi costruttivi / attraversamenti	20
5	Concetto per la misurazione dell'ermeticità all'aria	22
	5.1 Numero e scelta delle zone di misurazione per abitazioni	23
	5.2 Definizione delle zone di misurazione per edifici funzionali	26
	5.3 Definizione delle zone di misurazione per ampliamenti e cambiamenti di destinazione	28
6	Misura dell'ermeticità all'aria	31
	6.1 Presupposti per una misurazione	33
	6.2 Preparazione dell'edificio	33
	6.3 Sigillature provvisorie	34
	6.4 Individuazione delle infiltrazioni / verifica preliminare	37
	6.5 Misurazione	38
	6.6 Requisiti per la serie di misure	39
	6.7 Qualità della serie di misure	41
	6.8 Analisi dei dati	41
7	Rapporto di misurazione dell'ermeticità all'aria	42
	7.1 Requisiti del rapporto di misurazione	42
8	Allegati	44
	8.1 Mezzi ausiliari per ogni fase della costruzione	44
	8.2 Norma SIA 180 [1]	44
	8.3 Ulteriori metodi di misurazione	46
	8.4 Sigillature temporanee per impianti di ventilazione	48
	8.5 Edifici di grandi dimensioni	49

# 1 Introduzione

## 1.1 Antefatti

Il presente documento si rivolge a tutti i professionisti coinvolti nella costruzione (committenti, progettisti, direttori dei lavori, artigiani specialisti, ecc.). Il gruppo dei destinatari è quindi più completo rispetto alle precedenti edizioni del RiLuMi, che si concentrava principalmente sulle persone incaricate delle misure.

Fino ad ora, l'ermeticità era un requisito solo per Minergie-P e Minergie-A, il cui adempimento doveva essere verificato tramite misurazioni. Nel 2007, l'Associazione Minergie ha pubblicato la "Direttiva per la misura dell'ermeticità all'aria nelle costruzioni Minergie" (disponibile solo in tedesco: "Richtlinie für Luftdichtheitsmessungen bei Minergie-Bauten (RiLuMi)". Dall'introduzione di RiLuMi 2007 sono stati apportati alcuni piccoli adeguamenti e sono state adattate varie norme e direttive nazionali e internazionali. Con l'introduzione dei nuovi requisiti "Minergie 2017" e la pubblicazione della norma SN EN ISO 9972 [2] si è deciso di rivedere completamente la direttiva e di estenderne i contenuti per soddisfare le esigenze dei progettisti e degli addetti alla misurazione.

## 1.2 Perché l'ermeticità è importante

Un edificio dovrebbe essere il più possibile ermetico all'aria per i seguenti motivi:

- Prevenire danni strutturali
- Garantire un elevato livello di comfort (ad es. evitare correnti d'aria, diffusione degli odori, rumore, umidità)
- Evitare le infiltrazioni
- Minimizzare le perdite termiche
- **Garantire la protezione termica estiva**

## 1.3 Le principali modifiche del 2024 in breve

Le modifiche più importanti rispetto alle linee guida del 2022 sono le seguenti:

- **Il concetto di ermeticità all'aria è già necessario secondo SIA 180. Di base non è quindi più richiesto specificatamente per la certificazione**
- **Le competenze degli esperti della misurazione per l'individuazione delle perdite e dei relativi miglioramenti sono state ampliate - vedere capitolo 3.4.**
- **Nella seconda edizione della norma SN EN ISO 9972 2022-12 [2] sono stati ripresi i requisiti e le denominazioni della SIA 180. Un confronto con la prassi precedente è illustrato nella**

– Cosa	RiLuMi dal 2024	RiLuMi 2018	RiLuMi 2007
Norma	SIA 180.206 [2]	SN EN ISO 9972 [2]	EN 13829 [3]
Procedura	Procedura 3	Seguendo la procedura 2 *	Procedura B

Permeabilità all'aria con una pressione differenziale di riferimento di 50 Pa	$q_{a50}$ ; $m^3/(h \cdot m^2)$	$q_{E50}$ ; $m^3/(h \cdot m^2)$	$n_{50, st}$ ; $h^{-1}$ risp. $q_{50} / q_{a50}$ ; $m^3/(h \cdot m^2)$
*) Vedere tabelle 8, 9, 10 preparazione dell'edificio			

- Tabella 1.
- Passaggio dalla procedura 2 alla procedura 3, in conformità alla seconda edizione della SN EN ISO 9972 2022-12. – Le modifiche specifiche sono elencate nelle tabelle 8 (NA.2), 9 (NA.3) e 10 (NA.4) (evidenziate in giallo).
- Aggiornamento della gestione degli elementi costruttivi critici (vedere capitolo 4.4).

## Modifiche normative principali

Cosa	RiLuMi dal 2024	RiLuMi 2018	RiLuMi 2007
Norma	SIA 180.206 [2]	SN EN ISO 9972 [2]	EN 13829 [3]
Procedura	Procedura 3	Seguendo la procedura 2 *	Procedura B
Permeabilità all'aria con una pressione differenziale di riferimento di 50 Pa	$q_{a50}$ ; $m^3/(h \cdot m^2)$	$q_{E50}$ ; $m^3/(h \cdot m^2)$	$n_{50, st}$ ; $h^{-1}$ risp. $q_{50} / q_{a50}$ ; $m^3/(h \cdot m^2)$
*) Vedere tabelle 8, 9, 10 preparazione dell'edificio			

Tabella 1: Panoramica dei più importanti cambiamenti normativi tra RiLuMi dal 2024, RiLuMi 2018 e RiLuMi 2007

Ulteriori modifiche e il confronto dei simboli con le altre norme sono indicati alla **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.4**.

## 1.4 Capitoli rilevanti per gli addetti ai lavori

La seguente Tabella 2 specifica i capitoli pertinenti per le diverse parti coinvolte nella costruzione (le cifre tra parentesi sono indicative).

Chi	Capitolo
Committenza	2 e 3
Progettisti	2, 3 e 4
Imprese / Direzione dei lavori	2, 3, 4 e 5
Esperto della misurazione	2, 3, (4), (5), 6, 7 e 8

Tabella 2: Panoramica dei capitoli rilevanti per le persone coinvolte nella costruzione

## 2 Documenti e concetti

### 2.1 Documenti applicabili

Oltre alla presente direttiva si applicano le norme e le direttive elencate di seguito. Si presuppone la conoscenza della norma di base SIA 180 [1] e della norma SN EN ISO 9972 [2].

#### Panoramica delle norme e dei documenti applicabili

Norma / Documento		Versione attuale	Validità
SN EN ISO 9972 + NA	[2]	12/2022	Mondiale / Svizzera
EN 13829	[3]	11/2000	Ritirata da SIA
SIA 180	[1]	07/2014	Svizzera
Regolamento d'uso Minergie	[4]	Vedere <a href="http://www.minergie.ch">www.minergie.ch</a>	Svizzera
Regolamento di prodotto Minergie	[5]	Vedere <a href="http://www.minergie.ch">www.minergie.ch</a>	Svizzera

Tabella 3: Panoramica delle norme e dei documenti applicabili (NA = Allegato nazionale SN EN ISO 9972 [2])

### 2.2 Terminologia

#### Confronto norme

Questo elenco comprende i parametri più importanti, ma non è esaustivo.

La Tabella 4 riporta alcuni dei termini più importanti, con i diversi simboli utilizzati nelle diverse norme.

La direttiva utilizza i simboli della norma SN EN ISO 9972 [2].

**Panoramica dei termini e dei simboli secondo la norma SN EN ISO 9972 [2], norma EN 13829 [3], norma SIA 180 [1]**

Termine / Descrizione	Unità	Norma SN EN ISO 9972 [2]	Norma EN ISO 13829 [3]	Norma SIA 180 [1]
Superficie dell'involucro (Definizione cfr. EN ISO 9972 [2], 6.1.2)	m <sup>2</sup>	A <sub>inf</sub>	A <sub>E</sub>	A <sub>inf</sub>
Volume interno (Definizione cfr. EN ISO 9972 [2], 6.1.1)	m <sup>3</sup>	V	V	V <sub>i</sub>
Flusso d'aria, misurato	m <sup>3</sup> /h	q <sub>m</sub>	V <sub>m</sub>	q <sub>v,a,e</sub>
Flusso d'aria, rilevato	m <sup>3</sup> /h	q <sub>r</sub>	V <sub>r</sub>	
Differenza di pressione, misurata	Pa	Δp <sub>m</sub>	Δp <sub>m</sub>	
Pressione differenziale di riferimento	Pa	Δp <sub>r</sub>	Δp <sub>r</sub>	Δp <sub>r</sub>
Flusso di infiltrazione alla pressione differenziale di riferimento	m <sup>3</sup> /h	q <sub>pr</sub>	V <sub>pr</sub>	q <sub>pr</sub>
Flusso di infiltrazione a 50 Pa	m <sup>3</sup> /h	q <sub>50</sub>	V <sub>50</sub>	q <sub>50</sub>
Tasso di ricambio d'aria alla differenza di pressione di riferimento (→ riferita al volume!)	h <sup>-1</sup>	n <sub>pr</sub>		
Tasso di ricambio d'aria a 50 Pa (riferito al volume!)	h <sup>-1</sup>	n <sub>50</sub>	n <sub>50</sub>	
Permeabilità all'aria alla pressione differenziale di riferimento sull'involucro termico dell'edificio	m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	q <sub>Epr</sub>		q <sub>pr</sub>
Permeabilità all'aria alla differenza di pressione di riferimento di 50 Pa (riferita alla superficie dell'involucro!)	m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	q <sub>a50</sub>	q <sub>50</sub>	q <sub>a50</sub> / q <sub>a50,li</sub> / ta
Flusso specifico di infiltrazione riferito alla superficie di base, alla pressione differenziale di riferimento sull'involucro dell'edificio	m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	q <sub>Fpr</sub> risp. q <sub>F50</sub>	q <sub>wpr</sub> risp. q <sub>w50</sub>	
Superficie effettiva di infiltrazione alla pressione differenziale di riferimento	m <sup>2</sup>	ELA <sub>pr</sub>		
Coefficiente di flusso	m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )	C <sub>env</sub>	C <sub>env</sub>	
Coefficiente di dispersione	m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )	C <sub>L</sub>	C <sub>L</sub>	C <sub>L</sub>
Esponente di flusso	-	<sup>n</sup> (esponente)	<sup>n</sup> (esponente)	<sup>n</sup> (esponente)
Coefficiente di determinazione / coefficiente di correlazione	-	r <sup>2</sup>		
Incertezza totale di misura	%			

Tabella 4: Panoramica dei termini e dei simboli secondo le norme SN EN ISO 9972 [2], EN 13829 [3], SIA 180 [1].

## 3 Requisiti Minergie

### 3.1 Requisiti da rispettare

In base al Regolamento di prodotto per gli standard MINERGIE®/MINERGIE-P®/MINERGIE-A® [5] (Capitolo 7) si considera che:

**Il concetto di ermeticità all'aria è già necessario secondo SIA 180. Pertanto, non è più richiesto per la certificazione di edifici conformi allo standard Minergie base. Consigli utili per l'allestimento del concetto di ermeticità all'aria sono contenuti nel capitolo 4.**

Per tutti gli **edifici Minergie-P e Minergie-A** deve essere presentato con la richiesta un **concetto di misurazione dell'ermeticità** per gli edifici residenziali con più di 5 unità di utilizzo o per gli edifici funzionali. Ulteriori indicazioni sono fornite nel capitolo 5, Concetto per la misurazione dell'ermeticità all'aria.

Nel caso di edifici Minergie-P e Minergie-A devono inoltre essere effettuate **misurazioni dell'ermeticità all'aria**, compresa l'individuazione delle infiltrazioni. Per gli edifici Minergie la misurazione per determinare il rispetto del valore limite è facoltativa. Per tutti gli standard Minergie, si raccomanda una misurazione precoce ai fini dell'assicurazione della qualità. In alternativa, il rilevamento delle infiltrazioni è possibile anche dopo il completamento dell'involucro ermetico dell'edificio. Ulteriori informazioni sono disponibili nel capitolo 6, Misura dell'ermeticità all'aria.

#### Panoramica dei concetti e dei metodi

	Minergie	Minergie-P	Minergie-A
Concetto di ermeticità all'aria *)	Facoltativo	Facoltativo	Facoltativo
Concetto per la misurazione dell'ermeticità all'aria **)	Consigliato per edifici residenziali a partire da 5 unità e per edifici funzionali	Necessario per edifici residenziali a partire da 5 unità ***) Sempre per edifici funzionali	Necessario per edifici residenziali a partire da 5 unità ***) Sempre per edifici funzionali
Misurazione dell'ermeticità all'aria	Raccomandato	Necessario	Necessario

Tabella 5: Panoramica dei concetti da inoltrare e dei metodi da applicare

\*) La norma SIA 180 [1] descrive l'allestimento di un concetto di ermeticità all'aria. Questo può essere presentato opzionalmente, ma non viene controllato dal centro di certificazione. Tuttavia, è essenziale che il concetto di ermeticità all'aria sia preparato in anticipo come base per il concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria (vedere capitolo 5).

**\*\*\*) Il concetto di misurazione deve essere presentato insieme alla richiesta di certificazione provvisoria. Modifiche sono possibili solo previa consultazione con il centro di certificazione, fino a quattro settimane prima dell'inizio della misurazione.**

\*\*\*) Per il numero di misurazioni necessarie confrontare la Tabella 7: Intervallo del numero di misurazioni da effettuare

, rispettivamente la figura 14 (Vedere NB.2.2.2, SIA 180.206;2022).

Per ogni zona di misurazione si applicano i valori limite elencati alla Tabella 6:

- Valore medio ottenuto da una misurazione in sovrappressione e una in depressione:
- Secondo procedura 3 (cfr. norma SN EN ISO 9972 [2]),
- Come misurazione anticipata (vedere motivazioni al capitolo 6.5, lett. a) o come misurazione di collaudo a edificio ultimato
- Con un'incertezza totale di misura di max  $\pm 15\%$  (vedere capitolo 3.2),
- Con una differenza di pressione naturale di max 5 Pa (secondo punto 5.5.5.5 della norma SN EN ISO 9972 [2]).

### Valori limite da rispettare $q_{a50}$

	Minergie ( $m^3/h \cdot m^2$ )	Minergie-P ( $m^3/h \cdot m^2$ )	Minergie-A ( $m^3/h \cdot m^2$ )
Requisiti per nuovi edifici	$\leq 1.2$	$\leq 0.8$	$\leq 0.8$
Requisiti per ammodernamenti	$\leq 1.6$	$\leq 1.6$	$\leq 1.6$

\* Le piste di ghiaccio e le celle frigorifere non devono superare un valore  $q_{a50}$  di  $1.0 m^3/(h \cdot m^2)$

Tabella 6: Valore limite  $q_{a50}$  da rispettare espresso in ( $m^3/(m^2 \cdot h)$ )

Per la valutazione del rispetto del valore limite  $q_{a50}$  si applica il valore di misura arrotondato a 1 cifra decimale (valore medio tra la misura in sovrappressione e quella in depressione).

Esempio: dal valore misurato  $q_{a50} = 0.84 [m^3/h \cdot m^2]$  si ottiene  $q_{a50} = 0.8 (m^3/(m^2 \cdot h))$ , per cui il valore limite è rispettato.

I tassi di ricambio dell'aria devono essere riportati nel verbale di misurazione con 2 decimali.

In caso di mancato rispetto del valore limite la procedura è descritta nel capitolo 6.5, lett. b).

Osservazioni:

- Anche se il valore limite è rispettato, eventuali infiltrazioni d'aria puntuali residue non devono provocare danni all'edificio o una riduzione del comfort (ad es. correnti d'aria, odore, rumore, umidità),
- Anche dei buoni risultati della misurazione non permettono di escludere infiltrazioni d'aria puntuali non rilevabili e potenzialmente problematiche e neppure dei difetti di costruzione nascosti,
- L'ermeticità all'aria può cambiare nel tempo.

## 3.2 Incertezza di misura totale

L'incertezza di misura totale è descritta in modo troppo poco dettagliato nella norma SN EN ISO 9972 [2]. Per questo motivo, la norma SN EN 9972: 2022 [2] è stata ampliata con un allegato nazionale in cui il calcolo dell'incertezza di misura totale è definito in NC.3.2.

Se un risultato di misurazione si trova nel campo a), b) o c) in base alla Figura 1, l'ermeticità all'aria viene giudicata "soddisfatta". Altrettanto chiaro è il caso e) in cui l'ermeticità all'aria non è soddisfatta. Per Minergie, anche i risultati dell'intervallo d) sono considerati "non rispettati". In questo caso, tuttavia, il Centro di certificazione può decidere se accettare o meno il risultato della misurazione, *tenendo conto del risultato della misurazione, dell'incertezza totale della misurazione, della differenza di pressione naturale, dell'esponente di flusso  $n$  e del coefficiente di determinazione  $r^2$ .*

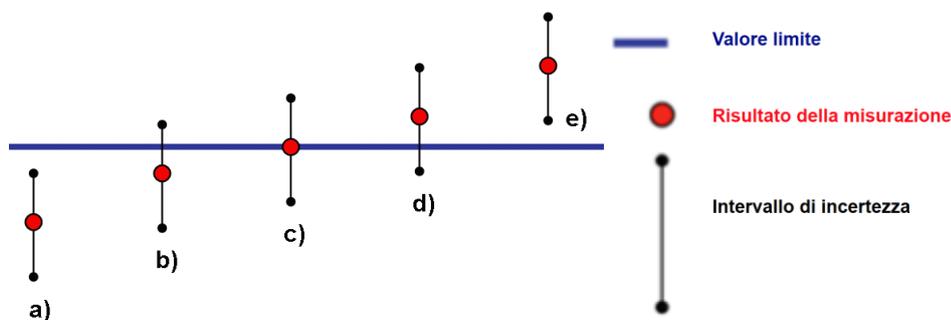


Figura 1: Possibile posizione dei valori misurati e incertezze rispetto al valore limite

Note a proposito dell'incertezza di misura

La norma SN EN ISO 9972 [2] afferma nel capitolo 8.3: *“In condizioni senza vento, l'incertezza totale è nella maggior parte dei casi inferiore a  $\pm 10\%$ . In condizioni ventose, l'incertezza totale può raggiungere  $\pm 20\%$ .”*

Un risultato impreciso non deriva solo dalla tecnica di misurazione o dall'incertezza di misura. Soluzioni diverse per la preparazione dell'edificio (ad es. nel caso della sigillatura provvisoria) possono avere come conseguenza differenze significative quando dei team di misurazione diversi misurano lo stesso oggetto. È importante quindi che la presente direttiva stabilisca norme di misurazione dettagliate e univoche. Informazioni utili per la riduzione degli errori di misura sono riportate nei capitoli 6.7 e 6.8, rispettivamente nel capitolo 6.5, lett. b).

### 3.3 Altri requisiti specifici in materia di valori limite

#### a) Disposizioni per gli ammodernamenti

Edifici residenziali: Se il valore limite per singoli appartamenti non può essere rispettato durante l'ammodernamento, nonostante l'individuazione delle infiltrazioni e la rimozione fattibile dei difetti (ad esempio da ricondurre a pavimenti e soffitti permeabili e non ristrutturati), è sufficiente dimostrare il rispetto del valore limite per l'intero edificio. Nella scheda di progetto per la certificazione definitiva viene quindi aggiunta una nota in cui si dichiara che i requisiti Minergie relativi all'appartamento non sono rispettati e che il comfort per quanto riguarda gli odori e la trasmissione sonora può risultarne compromesso.

Per gli edifici le cui unità di utilizzo sono accessibili solo dall'esterno, l'involucro dell'edificio non può essere misurato su tutte le unità di utilizzo. In questo caso, le unità di utilizzo definite devono essere misurate con una pressione di supporto nell'unità o nelle unità adiacenti. L'involucro termico di ogni unità di utilizzo deve rispettare il valore limite. Inoltre, si dovrebbe effettuare una misurazione senza pressione di supporto per determinare la perdita interna.

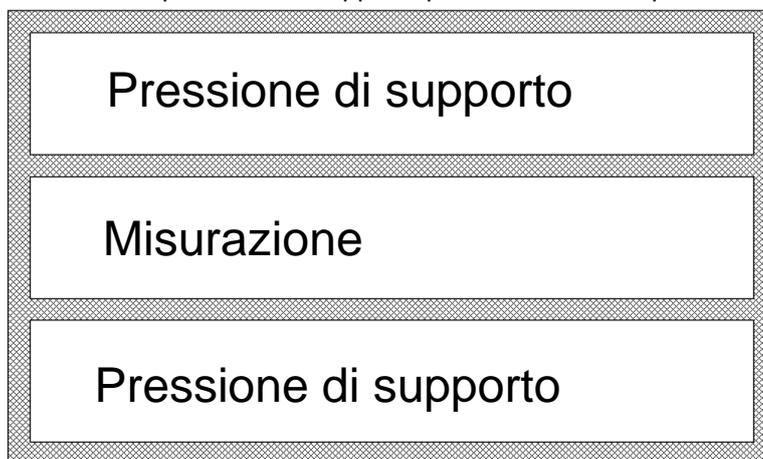


Figura 2:

Rappresentazione grafica della misurazione con pressione di supporto

- Edifici funzionali: nella misura in cui il progetto lo permette, si applica analogamente la stessa disposizione. La decisione sul metodo dettagliato e sulla determinazione e valutazione dei valori limite deve essere documentata nel concetto di misurazione e concordata con il centro di certificazione.
- Trasformazione di nuovi edifici (ad es. ristrutturazioni interne): deve essere rispettato il valore limite per i nuovi edifici. Il Centro di certificazione può concedere valori limite divergenti in casi giustificati su richiesta scritta.

#### b) Ammodernamenti con ampliamento

In caso di ampliamento di edifici esistenti (sopraelevazione, annessione di una costruzione) è necessario rispettare il valore limite per gli edifici di nuova costruzione, il valore limite per l'ammodernamento o il valore limite specifico per l'oggetto, a seconda della situazione. Per informazioni dettagliate sui singoli prerequisiti vedere capitolo 5.3, lett. a).

#### c) Cambiamento di destinazione

In caso di cambiamento di destinazione, il valore limite dipende dal cambiamento di temperatura interna. Le condizioni e i valori limite da rispettare sono descritti nel capitolo 5.3, lett. b).

d) Edifici funzionali:

Nel caso di edifici complessi, il Centro di certificazione può concedere deroghe al rispetto dei valori limite, purché siano rispettati gli obiettivi di Minergie.

Se vengono predisposte ulteriori possibilità di verifica nel senso del controllo della qualità Minergie (vedere capitolo 6.5, lett. a) o 8.3, lett. b) a litt. d), in genere non è possibile impostare valori limite (ad es. registrazioni termografiche).

## 3.4 Condizioni e competenze per l'individuazione delle infiltrazioni

Prima della misurazione, viene eseguita un'attenta individuazione delle infiltrazioni. Le infiltrazioni gravi riscontrate, nel caso di Minergie-P e -A, devono essere documentate nel verbale di misurazione. Ove possibile e ragionevole, è necessario porre rimedio ai difetti. Nel caso in cui il valore limite non venga raggiunto, la procedura deve essere chiarita in anticipo con il cliente e la direzione dei lavori. Se per rimediare ai difetti dovuti ai lavori eseguiti o aspetti di dettaglio particolari è necessaria un'individuazione delle infiltrazioni più approfondita, i costi per la continuazione devono essere valutati in anticipo nell'offerta e, se necessario e possibile, contrattati in loco (vedere il modello per bando di theCH [10]). Per decidere quali difetti devono essere eliminati, occorre trovare un equilibrio tra lo sforzo necessario per rimediare al difetto e il danno potenziale o il rischio di una riduzione del comfort o della perdita di energia. Vedere anche: rapporto di ricerca delle infiltrazioni [8].

Per il rilevamento delle infiltrazioni si procede nel seguente modo:

### 1) Eliminazione dei difetti durante l'individuazione delle infiltrazioni:

Se si riscontrano delle infiltrazioni durante la verifica che precede la misurazione (individuazione delle infiltrazioni), il modo migliore per eliminare il difetto sta nel far sigillare dall'impresa in modo affidabile e durevole, su istruzione di chi misura o della direzione dei lavori.

### 2) Eliminazione dei difetti in un secondo momento

Se durante la verifica che precede la misurazione (individuazione delle infiltrazioni) si riscontrano infiltrazioni che non possono/devono essere sigillate e che presumibilmente portano al risultato "non soddisfatto", la procedura successiva deve essere decisa *in situ*. Si presentano 2 casi:

#### a) Non è consentita una sigillatura provvisoria

Si riscontrano infiltrazioni che non possono più essere sigillate in modo affidabile e durevole prima della misurazione (ad es. passaggi di condotte, listelli di fissaggio dei vetri, canali di ventilazione, ecc.). In questo caso, è opportuno effettuare un'individuazione dettagliata (se possibile quantificabile) delle infiltrazioni verbalizzando i risultati, in modo da poter apportare miglioramenti specifici.

- Se il valore limite è rispettato e sono state riscontrate infiltrazioni, la responsabilità della correzione spetta alla direzione lavori e al proprietario dell'edificio.
- Se il valore limite è superato, le infiltrazioni devono essere corrette e sarà necessario procedere con una nuova misurazione.
- Se il valore limite è ancora superato con la nuova misurazione, vedere 6.5 lett. b).

#### b) È consentita una sigillatura provvisoria

Si riscontrano infiltrazioni evitabili che impediscono una misurazione affidabile (ad es. soglia Planet bloccata, foro nel vetro della finestra (danno dell'edificio), giunti di tenuta mancanti da qualche parte, ecc.). In questo caso è consentito al responsabile della misurazione di applicare una sigillatura provvisoria che di regola non è autorizzata per la misurazione. Tuttavia, tale soluzione è valida solo per le infiltrazioni dove è possibile controllarne visivamente la successiva correzione definitiva. Se il valore limite viene raggiunto, non è necessario effettuare ulteriori misurazioni di controllo in Minergie. A tal fine, al rapporto di misurazione è aggiunto il seguente onere:

- Le sigillature eseguite in seguito alla misurazione devono essere eseguite in modo professionale e durevole dall'impresa esecutrice di comune accordo con il responsabile della misurazione.
- Il responsabile della misurazione deve poter controllare visivamente le sigillature eseguite. È consentita anche la dimostrazione mediante documentazione fotografica inviata da parte della direzione dei lavori.

#### 3) Note nel rapporto di misurazione

Il controllo deve essere documentato nel rapporto della misurazione e nell'apposito formulario di verifica Minergie o presentato al centro di certificazione al più tardi prima dell'emissione del certificato definitivo. Il responsabile della prova dell'ermeticità all'aria può spuntare la casella di controllo accanto alla verifica sul formulario di verifica solo se la correzione delle infiltrazioni è stata controllata da lui stesso [21].

#### 4) Condizioni senza superamento dei valori limite

Il responsabile della prova dell'ermeticità all'aria può imporre la correzione delle infiltrazioni anche se non si riscontra un superamento del valore limite. La necessità di correzione delle infiltrazioni avviene in particolare se durante la loro individuazione si riscontrano zone che possono arrecare potenziali danni o che possono comportare limitazioni del comfort (vedere "osservazioni" ai valori limite nella tabella 6).

#### 5) Obblighi per le misurazioni successive

Se il valore limite viene superato durante la prima misurazione, quest'ultima deve essere ripetuta dopo aver corretto le infiltrazioni. Se anche la seconda misurazione supera il valore limite, per gli edifici con più zone sarà necessario procedere con la misurazione di zone aggiuntive che non erano previste nel concetto iniziale. La procedura corretta è descritta nel capitolo 6.5, lett. b). Tutte le zone di misurazione definite e le eventuali zone aggiuntive devono soddisfare i requisiti.

#### 6) Infiltrazioni sistematiche:

Se durante le misurazioni vengono riscontrate infiltrazioni sistematiche che possono essere attribuite a tutto l'edificio, queste devono essere controllate e, se necessario, corrette in tutte le unità. Si consiglia di effettuare un controllo dei risultati delle correzioni mediante ulteriori misurazioni a campione. Le misurazioni aggiuntive devono essere inserite nel formulario Excel e integrate nel rapporto di misurazione.

## 4 Concetto di ermeticità all'aria

Il concetto di ermeticità all'aria serve a integrare il tema dell'ermeticità all'aria in tutte le fasi del processo di costruzione. Questo processo inizia con l'accordo di utilizzo con il committente e con la definizione delle zone di utilizzo e la loro delimitazione e termina con l'istruzione e l'assistenza tecnica degli utenti/residenti dopo la conclusione dei lavori di costruzione.

Il concetto di ermeticità all'aria è obbligatorio ai sensi della norma SIA 180. Per tutti gli standard il concetto di ermeticità all'aria può essere presentato facoltativamente al centro di certificazione. Tuttavia, questo non viene verificato.

### 4.1 Requisiti per il concetto di ermeticità all'aria

Il concetto di ermeticità all'aria deve essere mantenuto aggiornato ed essere concretizzato durante la progettazione. Durante il processo di costruzione devono essere definiti anche le responsabilità, le interfacce e i piani di controllo per assicurare la qualità.

Un presupposto per la preparazione del concetto è un accordo di utilizzazione con il cliente, che comprende, tra l'altro, la definizione degli standard energetici e dei valori limite di ermeticità all'aria risultanti per tutte le zone, nonché il tipo di delimitazione tra le zone d'utilizzo. A tal fine, le specifiche del committente devono essere chiarite e completate con una consulenza.

I requisiti per i vari concetti secondo norma SIA 180 [1] sono descritti nel capitolo 8.2.

Il progetto dettagliato dell'ermeticità all'aria richiesto dalla norma SIA 180 [1] dovrà essere sviluppato sulla base di un concetto preliminare.

#### a) Concetto preliminare

Nel concetto preliminare devono essere dichiarati i punti seguenti:

- Copertina:
  - Luogo (indirizzo)
  - Committente
  - Autore
  - Data di creazione e stato del progetto quale punto di partenza
- Osservazioni preliminari:
  - Spiegazioni tecniche
  - Specifiche dell'accordo di utilizzo
- Descrizione generale:
  - Stato / metodo di costruzione (nel caso di edifici esistenti)
  - Standard previsto / requisiti / valori mirati
  - Informazioni concernenti l'impiantistica dell'edificio
  - Identificazione delle persone responsabili dell'attuazione del concetto
  - Piani e sezioni dell'edificio con indicazione della superficie ermetica rappresentata da una linea colorata continua e dei punti di dettaglio potenzialmente critici

- Nella misura in cui non solo l'involucro termico dell'edificio deve essere ermetico all'aria, l'autore deve includere anche le pareti divisorie, i soffitti e i vani, ad esempio tra appartamenti, zone d'uso o zone climatiche (vedere capitolo 8.2, nota 5 della Tabella )
- Informazioni sulla superficie ermetica nell'area (materializzazione delle sovrastrutture standard)
- Elenco o rappresentazione dei dettagli rilevanti per il progetto con uno schizzo o piano generale dei principi (non piani tecnici dettagliati!). Degli esempi si trovano su [www.luftdicht.info](http://www.luftdicht.info) > "Grobkonzept"
- Per gli edifici funzionali e gli edifici di grandi dimensioni: designazione degli elementi costruttivi critici e specificazione dei requisiti relativi alle classi di ermeticità all'aria rispettivamente di permeabilità all'aria (vedere capitolo 8.2 e 4.4)
- Indicazioni relative alle misure previste per garantire la qualità durante la fase di realizzazione (p. es. ispezioni in loco, misure della ermeticità all'aria, ecc.)
- Informazioni generali (per motivi di responsabilità):
  - Il piano generale non sostituisce la progettazione esecutiva
  - Sono fornite indicazioni sulla progettazione tecnica ancora necessaria
  - Nel concetto di ermeticità all'aria, le questioni riguardanti la pianificazione della ventilazione sono affrontate solo per gli attraversamenti previsti tra le zone e devono essere progettate separatamente, conformemente alla norma SIA 180 [1], paragrafo 3.2

#### **b) Progettazione della superficie ermetica all'aria nella pianificazione esecutiva**

La progettazione della superficie ermetica all'aria nell'ambito del progetto esecutivo si basa sul piano generale e tiene conto di eventuali modifiche progettuali apportate nel frattempo. Oltre all'indicazione della superficie ermetica nelle piante e nelle sezioni, contiene le seguenti informazioni:

- Elenco / visualizzazione di tutti i dettagli rilevanti con pianificazione esecutiva dettagliata,
- Aggiornamento / adeguamento del concetto in collaborazione con i progettisti specializzati per la statica, l'isolamento termico, la protezione dall'umidità, l'isolamento fonico, la protezione antincendio, la protezione del legno e l'ermeticità all'aria, al fine di specificare i requisiti,
- Determinazione delle strutture degli strati, dei materiali e della conformazione delle superfici, in corrispondenza dei passaggi tra materiali differenti, dei raccordi e degli attraversamenti previsti, nonché confronto con le specifiche del costruttore (come base per la pubblicazione dell'appalto),
- Appalto e delibera (vedere pagina 16 in [22]): Nelle note preliminari dell'appalto evidenziare la cura dei dettagli necessaria per la realizzazione dello strato di tenuta all'aria. Redigere i testi del concorso d'appalto con descrizioni dettagliate di tutti i raccordi e i passaggi.
- Definizione delle responsabilità in materia di progettazione, esecuzione e supervisione/assicurazione della qualità, definizione delle interfacce tra le parti coinvolte.
- Elaborazione del programma di esecuzione dei lavori e definizione delle sequenze per l'esecuzione e la garanzia di qualità delle superfici ermetiche all'aria. (Nota: poiché la misurazione della permeabilità all'aria deve essere generalmente

effettuata dopo l'esecuzione dei lavori principali che contribuiscono alla tenuta stagna, i lavori di costruzione devono essere il più possibile coordinati con le misure.)

## 4.2 Concetto di ermeticità all'aria nell'edilizia abitativa

Secondo capitolo 8.2, nota 5 della Tabella , i progettisti stabiliscono quali zone devono essere ermetiche. Nella costruzione di abitazioni la situazione è chiara.

Se il garage (max. 2 posti auto) è integrato nel perimetro termico di una casa unifamiliare ed è presente un accesso tra la zona abitativa e il garage, bisogna considerare il perimetro di ermeticità all'aria tra la zona abitativa e il garage. La porta tra la zona abitativa e il garage deve essere quindi ermetica, così come la porta del garage. In generale, gli elementi costruttivi di separazione da locali con fonti di inquinamento dell'aria o umidità devono essere a tenuta ermetica (vedere capitolo 8.2, nota 6 della tabella 12).

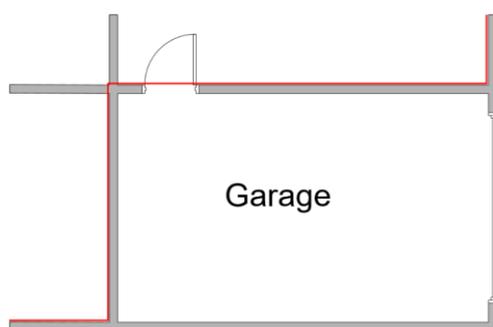


Figura 3: Perimetro dell'involucro d'ermeticità all'aria (linea rossa) tra la zona giorno e il garage nelle case unifamiliari.

Gli appartamenti di un'abitazione PF devono essere ermetici l'uno verso l'altro secondo le riconosciute regole dell'arte. I dettagli devono essere elaborati conformemente al capitolo 8.2, nota 3 Tabella .

Lo stesso vale per i locali con condizionamento particolari (vedere capitolo 8.2, nota 6 Tabella ).

Nel caso di edifici con più piani della stessa tipologia, il concetto di ermeticità all'aria deve essere definito per un solo piano. Se un edificio è costituito, ad esempio, da un piano terra, da piani superiori diversi dal pianterreno, ma identici fra loro, e da un attico, devono essere predisposti concetti di ermeticità all'aria per tre piani: piano terreno, piano superiore e attico.

Gestione degli elementi costruttivi critici: si veda il capitolo 4.4.

Esempio stabile residenziale:



Figura 4: Sopra: pianta con indicati i provvedimenti per l'ermeticità all'aria. In basso a sinistra: sezione con indicati i provvedimenti per l'ermeticità all'aria. In basso a destra: legenda dei provvedimenti.  
Fonte: esempio di dossier per domanda di certificazione Minergie-A

## 4.3 Concetto di ermeticità all'aria per edifici funzionali

A differenza degli edifici residenziali, nel caso di edifici funzionali e di grandi dimensioni vanno prese importanti decisioni già nella fase di progettazione:

- Demarcazione del perimetro ermetico all'aria negli uffici e superfici commerciali.
- Demarcazione del perimetro ermetico all'aria negli hotel. P.es.: singole camere per gli ospiti, ristorante, caffetteria, cucina, lavanderia, laboratori, ecc.
- Demarcazione del perimetro ermetico all'aria nelle case di riposo. P.es.: singole camere dei residenti, ristorante, caffetteria, cucina, lavanderia, laboratori, ecc.
- Demarcazione del perimetro ermetico all'aria negli ospedali. P.es.: singole camere di pazienti, sale operatorie, reparti di isolamento, camere bianche, ristorante, caffetteria, cucina, lavanderia, laboratori, ecc.
- Demarcazione del perimetro ermetico all'aria nelle piscine coperte. P.es.: delimitazione tra la zona piscina / spogliatoi e l'area amministrativa o di ristorazione adiacente, risp. nel caso di un collegamento diretto (acqua) tra le piscine interne ed esterne (confrontare i requisiti aggiuntivi per le piscine interne [18]).
- Demarcazione del perimetro ermetico all'aria nelle piste di ghiaccio. P.es.: delimitazione tra la pista di ghiaccio e altre aree come gli spogliatoi, il ristorante, ecc. Le aree gestite in modo indipendente devono essere ermetiche rispetto alla pista di ghiaccio (confrontare i requisiti aggiuntivi per le piste di ghiaccio [19]).
- Le zone con fonti di inquinamento dell'aria devono essere separate ermeticamente dalle zone adiacenti occupate da persone. Vedere capitolo 8.2, nota 6 della tabella 12.
- Chiusura ermetica delle pareti divisorie in costruzione leggera verso gli elementi costruttivi adiacenti,
- Chiusura di pavimenti tecnici e soffitti ribassati che si raccordano al perimetro di ermeticità all'aria della zona adiacente.
- Compartimenti antincendio: negli edifici funzionali, può essere utile definire i compartimenti antincendio più grandi come zone ermetiche all'aria e zone di misurazione. Tuttavia, va tenuto in considerazione che "a tenuta di fumo" non è la stessa cosa di "ermetico all'aria" e che le "porte antincendio non devono essere a tenuta di fumo o all'aria in Svizzera, a meno che non sia diversamente specificato dal progettista"<sup>1</sup>

Gestione degli elementi costruttivi critici vedere capitolo 4.4.

Nel caso di edifici con piani con la stessa tipologia di costruzione, il concetto di ermeticità all'aria deve essere definito per un solo piano.

Se non ci sono documenti di progetto chiari sull'ermeticità di differenti zone di utilizzo in edifici funzionali, è difficile determinare poi le diverse zone di misura.

---

<sup>1</sup> (vedere norma SIA 180 [1], capitolo 3.6.1.1). Informazioni dettagliate sulla definizione dei compartimenti antincendio sono disponibili nella normativa di protezione antincendio VKF [9] e nelle linee guida sulla protezione antincendio.

Esempio edificio funzionale:

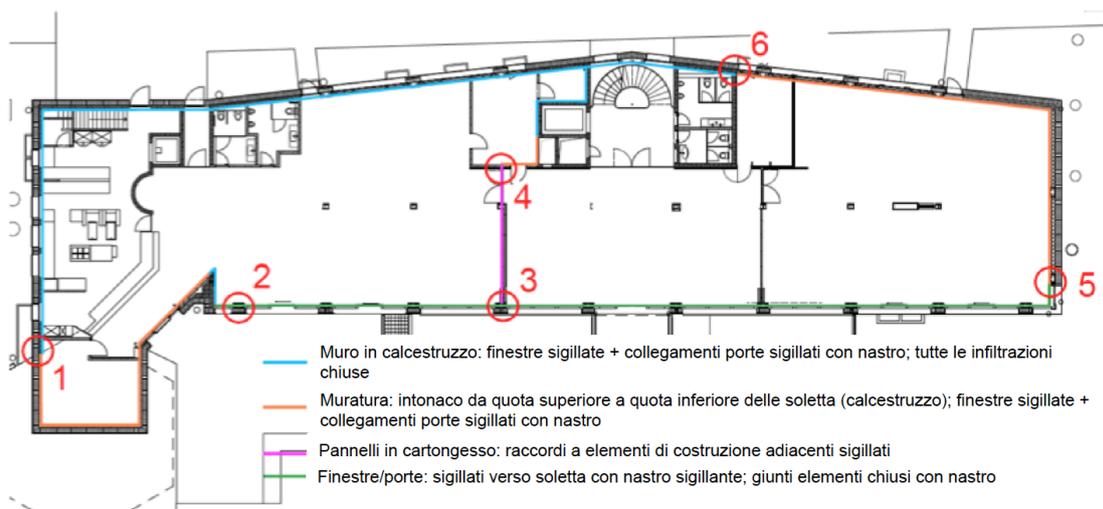


Figura 5: Piano con indicate le misure per l'ermeticità all'aria. (Fonte: planimetria fornita da Flumroc SA)

## 4.4 Gestione degli elementi costruttivi critici

Il concetto "elementi costruttivi critici" (riferito alle infiltrazioni d'aria) si riferisce, secondo norma SIA 180 [1], cifra 3.6.1.4, a elementi costruttivi per i quali si prevede un elevato grado di permeabilità all'aria, che per motivi tecnici deve essere determinato anticipatamente. Se in un edificio funzionale sono presenti molti di questi elementi costruttivi, il flusso delle infiltrazioni può diventare così grande da non poter poi più rientrare nei valori limite per l'involucro dell'edificio. Tali elementi costruttivi che presentano un inevitabile flusso di infiltrazione esistono anche in edifici residenziali. Esistono due possibilità per affrontare questa problematica. O regolando i valori limite (vedere 4.4, lett. c) o mediante la sigillatura degli elementi costruttivi critici inevitabili (vedere tabelle 8, 9, 10).

### Problematica

Per le misurazioni Minergie, gli "elementi costruttivi critici" sono trattati secondo la procedura 3 (involucro termico dell'edificio). Si fa una distinzione tra gli elementi costruttivi:

- nei quali, in conformità alle norme sugli elementi costruttivi, le classi di permeabilità all'aria sono state predefinite
- nei quali i requisiti di permeabilità all'aria sono stati predefiniti in base alle loro specifiche oggettive
- nei quali secondo le regole dell'arte non sono disponibili soluzioni per garantire l'ermeticità all'aria (= elementi costruttivi critici inevitabili)

Per ottenere informazioni più precise su questa problematica insoddisfacente, dopo la misurazione regolare (con elementi costruttivi critici sigillati provvisoriamente), le sigillature dei singoli "elementi critici" dovrebbero essere rimosse progressivamente ove possibile ("adding a hole") e tramite una misurazione puntuale

di ogni elemento costruttivo a una depressione (o sovrappressione) di 50 Pa, la corrente di dispersione è da calcolare con un calcolo differenziale. Ciò permette di effettuare dei confronti con i valori disponibili sulle norme degli elementi costruttivi (vedere capitolo "Ulteriori riferimenti").

La procedura è descritta brevemente anche nella norma SN EN ISO 9972 [2], allegato E.

a) Esempi di elementi costruttivi critici in generale:

- Porte doppie dell'ascensore (nella superficie ermetica)
- Ingressi per il pubblico (porte girevoli con guarnizioni a spazzole, ecc.)
- Portoni a rullo, porte scorrevoli, portoni a libro, portoni sezionali, ecc., che sono state classificate secondo la norma Norm SN EN 12426 [20], si applicano i requisiti secondo il capitolo 4.4, lett. c)
- Impianti per l'evacuazione e la protezione dal fumo (RDA) / impianti di estrazione di fumo e calore (RWA) / clappe di chiusura a lamella / ecc...
  - Nelle grandi costruzioni sono spesso installati più sistemi di chiusura a battente o a ribalta. Durante le misurazioni sono riscontrabili 2 situazioni problematiche:
    - L'aumento delle perdite (p.es.: rispetto a finestre normali) in stato di chiusura, a causa delle installazioni tecniche installate all'interno telaio.
    - Un aumento delle perdite dovuto alla cattiva chiusura (automatica).
  - Il meccanismo di chiusura che spesso non chiude completamente è un problema tecnico dell'azienda/produttore. Le ante delle finestre RWA non stagne non possono essere provvisoriamente sigillate analogamente alle ante delle finestre normali.
  - Se i sistemi a battente o a ribalta sono chiusi, la loro componente di perdita viene conteggiata con l'ermeticità all'aria. Questo nella consapevolezza che (di solito) non sono così ermetiche come le finestre normali. I sistemi non ermetici possono causare correnti d'aria, problemi di comfort e danni strutturali.

b) Esempi specifici per edifici residenziali

- Caminetti dipendenti dall'aria interna del locale e stufe in singoli locali negli edifici esistenti, con perdite di aria fresca e di fumo.
- Per le nuove costruzioni, l'alimentazione diretta dell'aria di combustione al camino è applicabile secondo la norma SIA 180, paragrafo 3.6.2.1.
- Cappe d'aspirazione (prevedere l'aria di compenso secondo norma SIA 382-5:2021 paragrafo 1.1.2.20!).

c) Requisiti per le porte

Le porte che sono classificate in conformità alla norma EN 12426 non sono considerate elementi costruttivi critici, ma beneficiano di una riduzione dei requisiti del valore limite e possono non essere sigillate per la misurazione. Tuttavia, queste porte devono essere prese in considerazione nei requisiti del valore limite:

- Se le porte mobili orizzontali hanno una larghezza superiore a 2.50 m e una superficie superiore a 6,25 m<sup>2</sup>, per il valore limite di permeabilità all'aria della superficie dell'involucro si utilizza il valore limite della classe 3 (6 m<sup>3</sup>/h\*m<sup>2</sup>) in conformità alla norma SN EN 12426 [20].

- Se queste porte hanno una larghezza inferiore a 2.50 m e una superficie inferiore a 6,25 m<sup>2</sup>, per il valore limite di permeabilità all'aria della superficie dell'involucro si utilizza il valore limite della classe 2 (12 m<sup>3</sup>/h\*m<sup>2</sup>) in conformità alla norma SN EN 12426 [20].

Il valore limite specifico dell'oggetto (osGW) è calcolato secondo la seguente formula:

$$osGW q_{a50} = \frac{(A_{inf, senza porte} \times 0.8 \text{ oder } 1.2) + (A_{inf, porte} \times 6.0 \text{ bzw. } 12.0)}{\text{Somma } A_{inf, totale}} \quad [m^3/(h*m^2)]$$

Esempio:

Superficie dell'involucro senza porte	1000.00 m <sup>2</sup>
Sup. porte (2 porte con largh.: 5.00 m e h.: 4.00 m)	40.00 m <sup>2</sup>
(2 porte con largh.: 2.00 m e h.: 2.50 m)	10.00 m <sup>2</sup>
Totale	1050.00 m <sup>2</sup>

$$osGW q_{a50} = \frac{1000 \times 0.8 + 40 \times 6.0 + 10 \times 12}{1050} = 1.10 \quad [m^3/(h*m^2)]$$

d) Elementi costruttivi critici per i quali non sono disponibili soluzioni per la tenuta all'aria

Se nella superficie ermetica all'aria sono presenti elementi costruttivi critici (piattaforme o rampe di sollevamento, ecc.) che non possono essere resi ermetici quando sono in uso, occorre tenerne conto:

- I locali in cui sono presenti questi elementi possono essere rimossi dal perimetro di ermeticità all'aria, che può essere delimitato ai locali adiacenti (vedere figura 6).

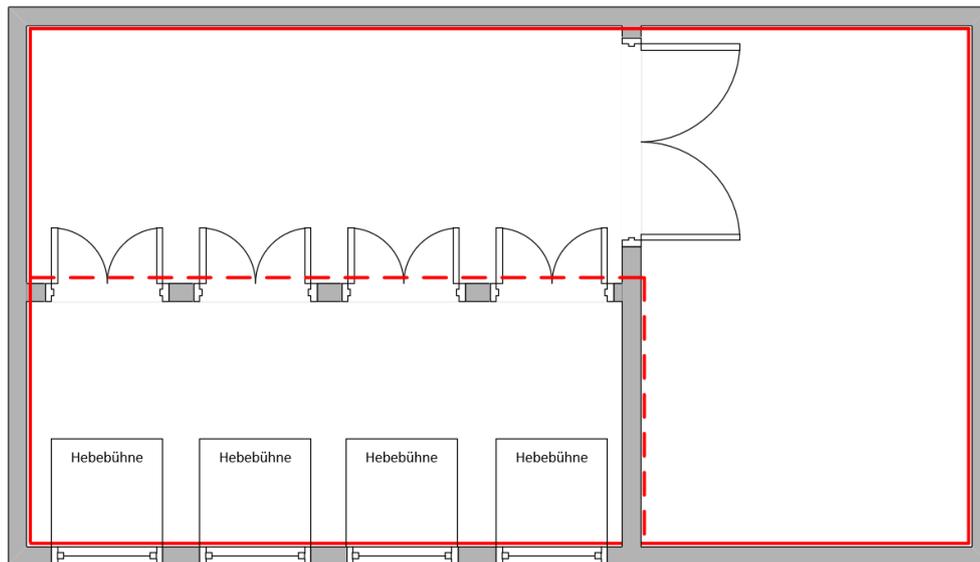


Figura 1: Pianta con perimetro di ermeticità all'aria spostato (linea rossa tratteggiata)

## 4.5 Transizioni tra elementi costruttivi / attraversamenti

### a) Raccordi tra elementi costruttivi

I raccordi tra gli elementi costruttivi devono essere descritti e visualizzati nel concetto di ermeticità all'aria. Alcuni esempi si possono trovare sul sito tematico "Luftdichtes Bauen" (<http://www.luftdicht.info/luftdichtheitskonzept.php>, in tedesco), su WISSEN Wiki (<http://www.wissenwiki.ch/Konstruktion>, in tedesco) o sui siti web dei produttori degli elementi (piani dettagliati). La rappresentazione di un raccordo tra un pavimento e una parete esterna potrebbe essere raffigurato come nella figura seguente.

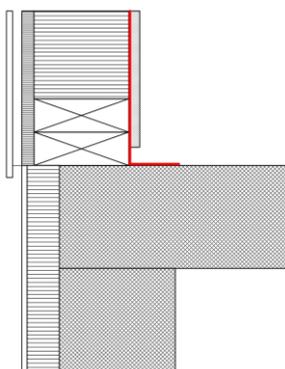


Figura 7: Esempio di un raccordo tra pavimento e parete esterna

### b) Attraversamenti

Tutti gli elementi che attraversano il perimetro ermetico all'aria devono essere rappresentati nei piani (vedere figura 4). Deve essere descritta l'impermeabilizzazione tra l'elemento / installazione che attraversa e l'elemento adiacente.

Da notare che i vani tecnici possono essere collocati sia all'interno sia all'esterno del perimetro ermetico. Tutti gli attraversamenti del perimetro ermetico devono essere sigillati singolarmente e in modo permanente.

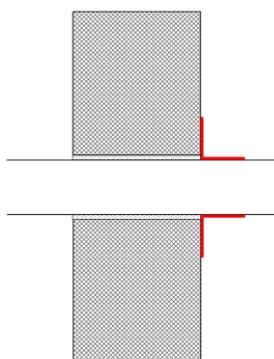


Figura 8: Esempio dell'attraversamento di un tubo

Nei vani tecnici, la chiusura antincendio deve essere posata sistematicamente intorno ai cavi / condotti.

Se per motivi tecnici di protezione antincendio è possibile rinunciare a una chiusura ermetica orizzontale in un vano tecnico (vedere prescrizioni antincendio 15-15, cifra 3.6), tutte le pareti del vano tecnico devono essere dotate di un intonaco

di fondo (ad eccezione delle pareti in calcestruzzo e in legno). Inoltre, la parete o le pareti di chiusura del vano tecnico, i raccordi laterali e tutti gli attraversamenti (tubi, collegamenti a vite, inserti, piastre a filo di cassette sottomuro, ecc.) devono essere ermetici all'aria.

Se le tubazioni vengono posate in contro-pareti tecniche e il loro rivestimento sul lato verso il locale costituisce il limite del perimetro di ermeticità all'aria, si applicano gli stessi requisiti dei vani tecnici.



Figura 9: Vano tecnico verticale (Fonte: Hochschule Luzern – Technik & Architektur; Foto: 30.11.2013)

I cavi elettrici non devono essere disposti in un fascio quando attraversano il perimetro ermetico all'aria.



Figura 10: Non conforme: fascio di installazioni elettriche (Fonte: Hochschule Luzern – Technik & Architektur; Foto: 30.11.2013)

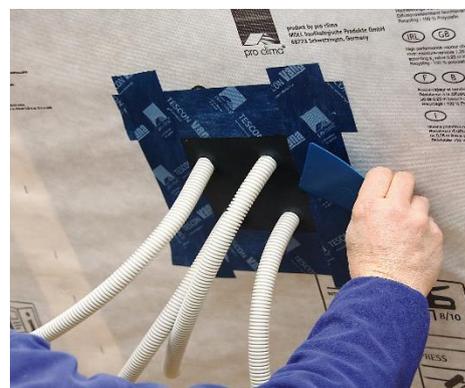


Figura 61: Guaina passa tubo multipla adatta per tubi vuoti (Fonte: pro-clima schweiz GmbH)

## 5 Concetto per la misurazione dell'ermeticità all'aria

Oltre al concetto di ventilazione e al concetto di ermeticità all'aria specificato dalla norma SIA 180 [1] deve essere elaborato un concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria degli edifici Minergie-P e Minergie-A per le seguenti categorie di edifici:

- Edifici abitativi (abitazione PF, case a schiera) a partire da 5 unità abitative, vedere capitolo 5.1
- Edifici funzionali, vedere capitolo 5.2
- Ampliamenti o trasformazioni, vedere capitolo 5.3

La base per il concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria è il concetto di ermeticità all'aria. Un concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria mostra il numero e la posizione delle zone di misurazione e ne motiva la scelta. A questo scopo di solito conviene accordarsi tempestivamente con i progettisti e la direzione dei lavori, perché i luoghi e i periodi per le misurazioni devono essere concordati per motivi organizzativi e costruttivi.

**Il concetto di misurazione deve essere presentato per approvazione al momento della richiesta di certificazione provvisoria.**

**Nel caso di edifici residenziali è possibile rinunciare a un concetto di misurazione se vengono misurati tutti gli appartamenti; anche questo deve essere comunicato per iscritto al centro certificazione.**

**Le modifiche sono possibili solo in accordo con il centro di certificazione, fino a quattro settimane prima dell'inizio della misurazione.**

Il centro di certificazione approva o corregge il concetto di misurazione. Le misurazioni devono essere effettuate in conformità con il concetto di misurazione approvato. Se sono disponibili misure preliminari, la misura in cui esse possono essere accettate deve essere discussa con il centro di certificazione.

Se vengono presentati rapporti di misurazione di edifici senza un concetto di misurazione approvato, questi possono essere rifiutati dal centro di certificazione. **Eccezione: tutte le unità di utilizzo sono state misurate.**

**Se le unità abitative sono meno di 5, è possibile presentare un concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria se sono presenti unità abitative identiche. Questo vale anche per case monofamiliari a schiera. La tabella 7, risp. la fig. 13 sono applicate per definire il numero di misurazioni necessarie.**

## 5.1 Numero e scelta delle zone di misurazione per abitazioni

La norma SIA 180 [1] richiede che l'ermeticità sia curata tanto all'esterno quanto tra le diverse zone di utilizzo.

### a) Definizione delle zone di misurazione per abitazioni MF

Secondo Minergie, per le case monofamiliari indipendenti non è necessario un concetto di misura, dato che la zona di misura è solitamente univoca. Gli appartamenti secondari o di vacanza sono considerati come unità utilizzabile indipendente e devono essere misurati separatamente.

I locali al di fuori del perimetro termico dell'edificio, di regola, non fanno parte del perimetro ermetico all'aria.

I garage con accesso diretto alla zona di misurazione, che si trovano all'interno dell'involucro termico dell'edificio, devono essere separati ermeticamente (vedere cap. 4.3). Lo strumento di misura non deve essere installato in questo accesso, in quanto anche la porta del garage deve essere misurata e non può essere sigillata provvisoriamente.

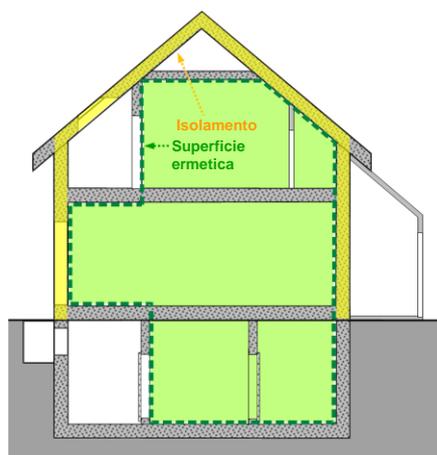


Figura 72: Nel caso di abitazioni MF più datati, è necessario stabilire dove si sviluppa il perimetro ermetico

Per gli edifici più vecchi è necessario chiarire tempestivamente se il perimetro ermetico all'aria differisce da quello dell'isolamento termico. La norma SN EN ISO 9972 [2] definisce la zona di misurazione nel capitolo 5.1.2. a) come segue:

*"Di solito la parte misurata dell'edificio comprende tutti i locali intenzionalmente condizionati (cioè i locali destinati ad essere riscaldati, raffreddati e/o ventilati direttamente o indirettamente nel loro insieme)."*

### b) Definizione delle zone di misurazione per abitazioni PF

In linea di principio, ogni unità d'uso separata (= appartamento) deve essere misurata. Gli appartamenti devono anche essere ermetici l'uno contro l'altro.

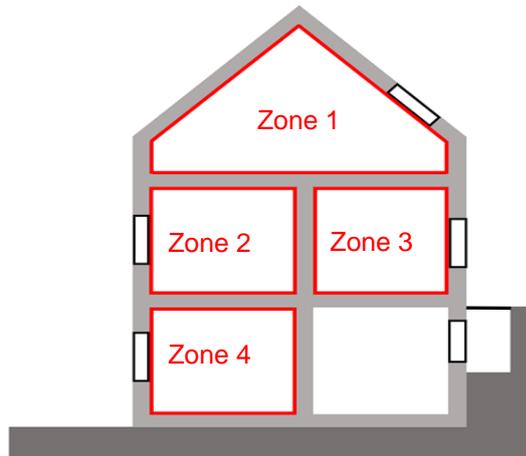


Figura 83: Abitazione PF con 4 unità. Nelle abitazioni PF, ogni unità d'uso (appartamento, sala comune, ecc.) deve essere ermetica verso le altre unità d'uso. Ciò vale anche per le scale, che raramente sono misurate come zona separata

Nel caso di complessi residenziali più grandi, non è necessario misurare tutti gli appartamenti, soprattutto se la pianta rimane invariata. I punti problematici rilevati devono essere sempre corretti in tutte le unità. Questo può essere fatto anche senza misure supplementari. Tuttavia, si raccomanda di fare dei controlli a campione, specialmente se sono state scoperte molte o grandi aree problematiche (vedere capitolo 3.4, cifra 6). Il paragrafo seguente illustra il principio secondo il quale è possibile ridurre il numero di misure per gli edifici residenziali (vedere SIA 180.206;2022; NB.2.2)

Si applica anche a grandi edifici residenziali con più ingressi, così come a più edifici plurifamiliari se sono completati allo stesso tempo o con un breve ritardo (massimo un anno).

Nel caso di uso misto (edificio residenziale e funzionale), il numero di misurazioni dell'edificio o degli edifici funzionali è aggiunto al numero di misurazioni dell'uso residenziale. Il numero di misurazioni necessarie in un edificio funzionale deve essere concordato con il centro di certificazione.

#### Aiuto alla determinazione del numero di misurazioni per edifici e complessi residenziali.

Numero di zone di misurazione	1	2	3	4	5	10	15	20	30	40	50	100	200	300
Numero di misure														
<b>Minimo richiesto</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>21</b>
<b>Massimo richiesto</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>29</b>

Tabella 7: Intervallo del numero di misurazioni da effettuare

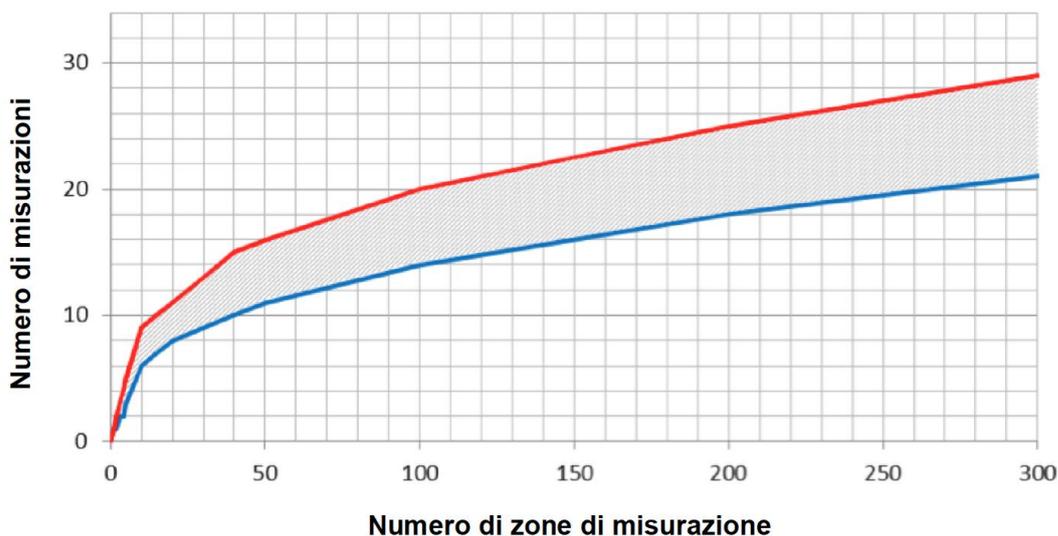


Figura 94: Rappresentazione grafica dell'intervallo del numero di misurazioni da effettuare

I centri di certificazione in casi giustificati possono decidere deroghe alle indicazioni date nella Tabella 7 risp. nella

Figura 74.

Criteri per la determinazione delle zone di misurazione in edifici abitativi:

- Tenere conto del maggior numero possibile di tipi diversi di appartamento. (Tipo di appartamento: numero di camere e/o planimetrie molto diverse).
- Considerare le diverse esposizioni degli appartamenti (piani ed esposizioni diversi).
- Preferire appartamenti con:
  - facciate grandi
  - superfici estese verso altre zone di utilizzo (a meno che non siano presenti pavimenti e soffitti in calcestruzzo armato).
- Considerare zone costruite diversamente o con separazioni diverse (pareti, finestre, soffitti, ecc.).
- Dare la priorità agli appartamenti in "posizione critica" (piani sottotetto, piani terra, adiacenti all'ascensore, ecc.).
- Per i complessi residenziali composti da più edifici, le misurazioni devono essere distribuite tra di essi. Tuttavia, è vantaggioso, prendere in considerazione il processo di costruzione (eseguire diverse misurazioni nel primo oggetto misurabile analizzare i dati e condividere le conclusioni per le unità successive).

Da considerare per hotel, case di riposo, ospedali:

- Se ci sono appartamenti autonomi (bagno, cucina, camera), questi sono considerati come un'unica zona di misura allo stesso modo di un appartamento.
- Le aree/stanze definite come ermetiche separate nel concetto di ermeticità devono essere misurate separatamente, se possibile.

## 5.2 Definizione delle zone di misurazione per edifici funzionali

Il concetto di ermeticità indica quali zone degli edifici funzionali (categorie di edifici da III a XII della norma SIA 380/1 [14]) devono essere rese ermetiche l'una contro l'altra.

Nei grandi edifici funzionali (ad es. edifici amministrativi, ospedali, scuole, piscine coperte, centri commerciali, ecc.), a causa dei processi di costruzione spesso non è possibile eseguire una misurazione dell'ermeticità dell'aria su intere unità d'uso. In questi casi sono da misurare solo singole parti dell'edificio, in accordo con il centro di certificazione.

All'interno di un'unità d'uso (ad es. reparto uffici / capannone di produzione) è possibile misurare separatamente diverse zone (ad es. locali per fumatori, cucine / ristoranti di fronte a uffici).

### a) Criteri per la determinazione del numero di zone di misurazione

Possibili zone di misurazione per edifici funzionali:

- Se possibile: misure di prova su modelli,
- Edificio intero,
- Sezione / ala di edificio,
- Superficie intera (senza installazioni interne),
- Unità d'uso (analogamente alle abitazioni (appartamenti) secondo le unità di locazione o commerciali),
- Diverse zone di utilizzo all'interno dell'unità d'uso (locale fumatori, cucina, ristorante, ecc.),
- Compartimenti tagliafuoco (rendere ermetici i singoli soltanto se un accordo di utilizzo lo prevede).
- Le zone con fonti di inquinamento dell'aria devono essere separate ermeticamente dalle zone adiacenti occupate da persone. Vedere capitolo 8.2, nota 6 della tabella 12.

Da tenere in considerazione per la misurazione:

- Portoni a rullo, porte scorrevoli, portoni a libro, portoni sezionali, ecc..

Adattamento dei requisiti del valore limite, vedere capitolo 4.4. lett. c

Per la scelta degli elementi della facciata è necessario osservare quanto segue:

- Scelta di facciate diverse con la massima superficie possibile verso l'esterno
- Situazioni ad angolo e raccordi tra gli elementi
- Nel caso di edifici di grandi dimensioni: eventualmente incapsulare in modo provvisorio diverse aree della facciata
- "Elementi costruttivi critici" (vedere capitolo 4.4 e NA.5.3 della SN EN ISO 9972).

### b) Ulteriori possibilità di garanzia della qualità

Nella scelta delle misurazioni o nello sviluppo del concetto di misura, considerare la possibilità di adottare ulteriori provvedimenti (si veda il capitolo 8.3) per migliorare la qualità dell'involucro termico dell'edificio.

Per gli edifici funzionali si è dimostrato valido quanto segue:

- Individuazione dettagliata delle infiltrazioni e documentazione (se possibile con rilevamento qualitativo e quantitativo),
- Immagini termografiche (esterno/interno; tenere conto di: condizioni di esercizio; riscaldato o non riscaldato; differenze di temperatura tra interno ed esterno),
- Misurazioni della pressione (differenza di pressione naturale a diverse altitudini); la stagione e la modalità di funzionamento della ventilazione influenza l'effetto camino e quindi il carico di pressione per la struttura della facciata,
- Ottimizzazione dei processi di costruzione per una migliore integrazione del controllo qualità nel processo di costruzione,
- Stima del potenziale di danno all'edificio derivante dai difetti e raccomandazioni per la riparazione degli stessi.

## 5.3 Definizione delle zone di misurazione per ampliamenti e cambiamenti di destinazione

### a) Ampliamenti

Se gli ampliamenti avvengono in edifici completamente separati da quelli esistenti e collegati solo da un'apertura o da una porta, è necessario eseguire una misura dell'ermeticità all'aria per entrambe le parti.

A condizione che il controsoffitto di separazione (figura 15) risp. la parete divisoria (Figura 96) tra la struttura esistente e l'ampliamento sia ermetico, vale quanto segue:

Ampliamento (= nuovo edificio)  $\Rightarrow$  valore edificio nuovo  $q_{a50} \leq 0.8$  risp.  $\leq 1.2$  ( $m^3/h \cdot m^2$ )

Esistente (= ammodernamento)  $\Rightarrow$  valore ammodernamento  $q_{a50} \leq 1.6$  ( $m^3/h \cdot m^2$ )

L'area della parete divisoria viene aggiunta all'area dell'involucro  $A_{inf}$  per entrambe le parti dell'edificio.



Figura 15: Misurazioni separate per ammodernamento e ampliamento come schizzo di sistema. P. es sopraelevazione autonoma

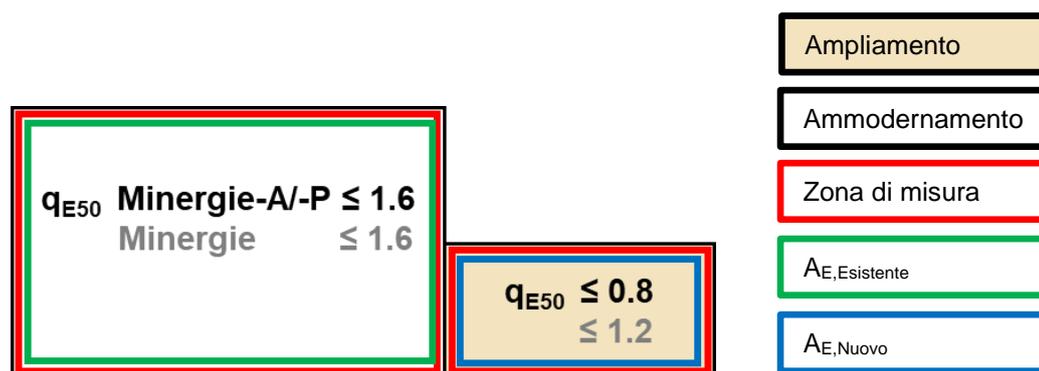


Figura 106: Misurazioni separate per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. costruzione annessa autonoma

Se un ampliamento e l'edificio esistente sono collegati tra loro in modo aperto (soffitto intermedio con scala aperta verso la parte annessa, vedere Figura 117; risp.

senza parete divisoria, vedere Figura 12), o se sono prevedibili importanti infiltrazioni nella parete divisoria, è possibile effettuare una misura dell'ermeticità all'aria per l'intero oggetto. Il valore limite specifico dell'oggetto ( $osGW$ ): risulta dalla seguente formula:

$$osGW_{qa50} = \frac{(A_{inf, esistente} \times 1.6) + (A_{inf, nuovo} \times 0.8 \text{ o } 1.2)}{\text{Somma } A_{inf} (\text{esistente} + \text{nuovo})} (\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2)$$

L'area di collegamento comune viene omessa nella determinazione dell'  $A_{inf}$ , perché l'unità di utilizzo è considerata come un'unica zona di misura.

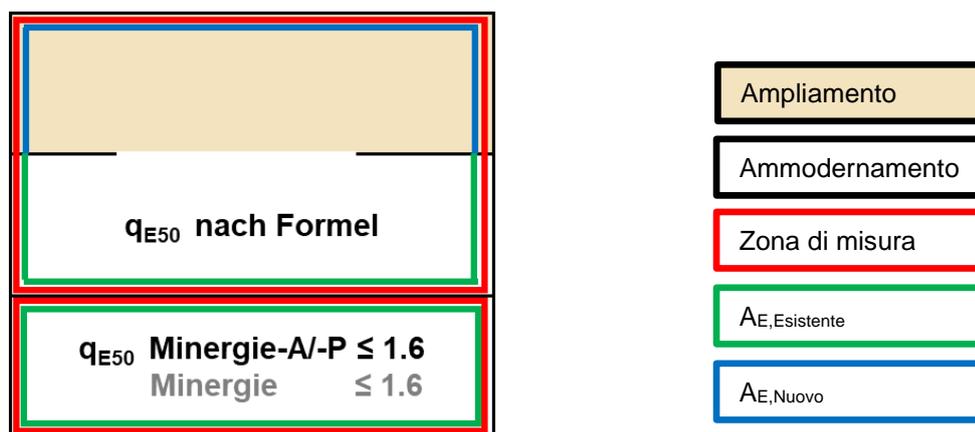


Figura 117: Misura "mista" per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. sopraelevazione aperta direttamente collegata all'edificio esistente (scala aperta)

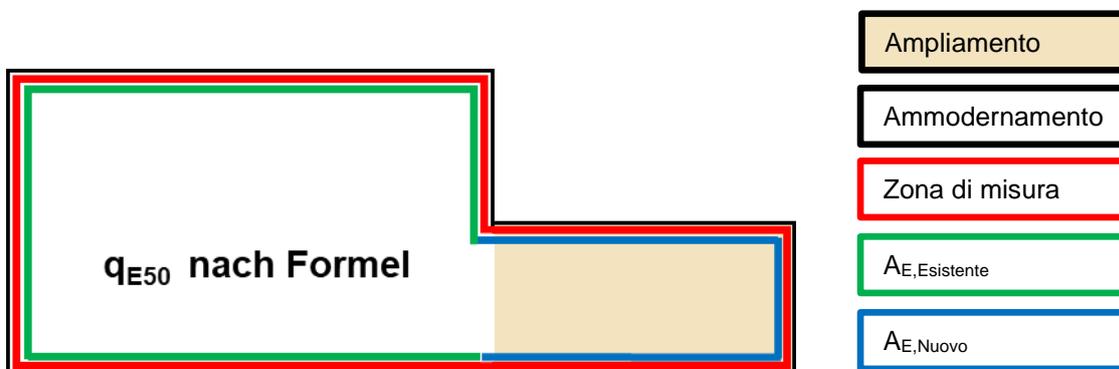


Figura 128: Misura "mista" per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. costruzione annessa aperta (p. es. abitazione MF con ampliamento dello spazio abitativo)

#### b) Cambiamento di destinazione

Nell'aiuto all'applicazione della norma EN-106 per il Modello di prescrizioni energetiche dei Cantoni, edizione 2014, vengono definiti i requisiti energetici per i cambiamenti di destinazione con variazioni della temperatura interna. Analogamente a questo aiuto all'applicazione, vengono qui definiti i requisiti per il valore limite di ermeticità all'aria.

### 1) Con cambiamento della temperatura interna

Se cambia la destinazione d'uso di edifici o di parti di edifici e ciò è associato ad un aumento o a una riduzione della temperatura interna (ad es. celle frigorifere o edifici raffreddati), devono essere rispettati i seguenti valori  $q_{a50}$ :

- $\leq 1.6 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  con un cambiamento della temperatura interna  $\leq 5$  Kelvin (come per ammodernamenti). Esempio: Se un magazzino viene trasformato in abitazione (loft),
- $\leq 0.8 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  (Minergie-A/-P) risp.  $\leq 1.2 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  (Minergie) con un cambiamento della temperatura interna  $> 5$  Kelvin (come per nuovi edifici). Esempio: una stalla non riscaldata che viene trasformata in abitazione.

### 2) Senza cambiamento della temperatura interna

Se la conversione avviene senza variazione della temperatura interna (ad es. in appartamenti), è necessario rispettare il seguente valore  $q_{a50}$ :

- $\leq 1.6 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  (ammodernamenti).

### 3) Casi particolari

I casi particolari devono essere sempre discussi preliminarmente con il Centro di certificazione per la definizione del relativo valore  $q_{a50}$ .

Le temperature interne definite secondo la norma SIA 380/1 [14] sono determinanti ai fini della valutazione.

## 6 Misura dell'ermeticità all'aria

Sia la norma SN EN ISO 9972 [2] che la norma SIA 180 [1] contengono indicazioni sulla tempistica della misurazione.

Norma SIA 180 [1], capitolo 3.6.4.2: *“La misura della permeabilità all'aria negli edifici nuovi s' esegue in genere anticipatamente, al termine dei lavori di finitura, appena i lavori determinanti per l'ermeticità sono conclusi. Può avvenire anche a lavori ultimati o quando i locali sono utilizzati.”*

Per le misurazioni Minergie, come definito anche nella norma SIA 180 [1], si applica la **procedura 3**. Questa corrisponde alla 2ª edizione della norma SN EN ISO 9972; 2022-12 [2]. Per altri possibili metodi di misura si veda la norma SN EN ISO 9972 [2], capitolo 5.2.1.

La procedura 3 mira a misurare le infiltrazioni dovute alla zona di misurazione. Nel caso ideale (non raggiungibile) un risultato di misurazione dovrebbe essere  $q_{a50} = 0 \text{ m}^3 / (\text{h m}^2)$ . Il capitolo 4.4 "elementi costruttivi critici" tratta le eccezioni a questa regola.

Una lista di controllo dettagliata su come trattare tutte le possibili aperture nell'involucro termico è mostrata nelle **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden., 9 e 10** al capitolo 6.3, rispettivamente nel foglio *“provvedimenti”* del formulario di verifica per la misurazione della permeabilità all'aria **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

La definizione del valore di riferimento determinante dell'involucro termico per le misurazioni Minergie è la seguente (estratto norma SIA 180.206;2022; NA.3.3):

*“L'area dell'involucro  $A_{int}$  o della parte di edificio analizzato è la superficie complessiva di tutti i pavimenti, pareti e soffitti che racchiudono il volume interno. Le pareti e i pavimenti sotto il livello del terreno sono inclusi”*. Le misure interne sono definite secondo la Norma SIA 180 [1] e la Norma SIA 380 [17]. Confrontare la Figura e la Figura 19.

La superficie dell'involucro di un'unità d'uso precedentemente definita (appartamento, ufficio, compartimento antincendio, ecc.) comprende anche i pavimenti, le pareti e i soffitti contro le unità d'uso adiacenti. Anche nel caso di case monofamiliari bifamiliari e a schiera, le pareti divisorie dell'edificio appartengono alla loro area di involucro. Un calcolo comprensibile dell'area dell'involucro deve essere incluso nella relazione. Ulteriori dettagli possono essere trovati nella norma.

Chiarimento delle dimensioni interne:

Le dimensioni proiettate sul bordo interno della muratura o dell'intradosso del soffitto/tetto sono considerate come aree computabili. Non possono essere incluse le aree degli intradossi delle mazzette delle finestre, l'intradosso dell'architrave e l'intradosso del parapetto. Allo stesso modo, le nicchie di costruzioni a vista (per esempio, travi) non devono essere prese in considerazione.

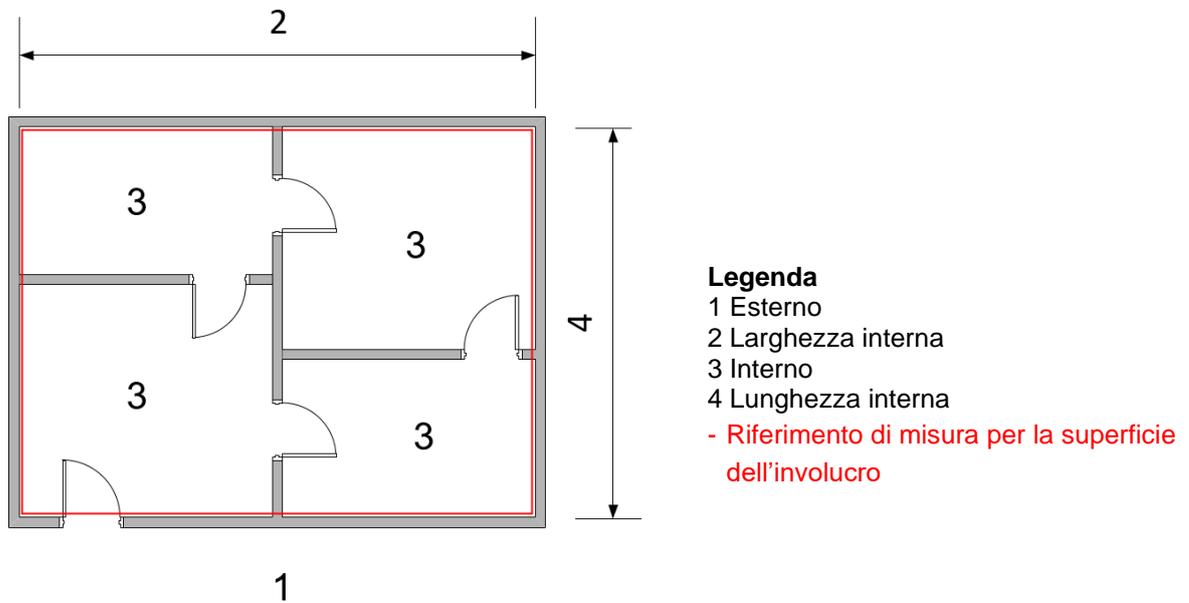
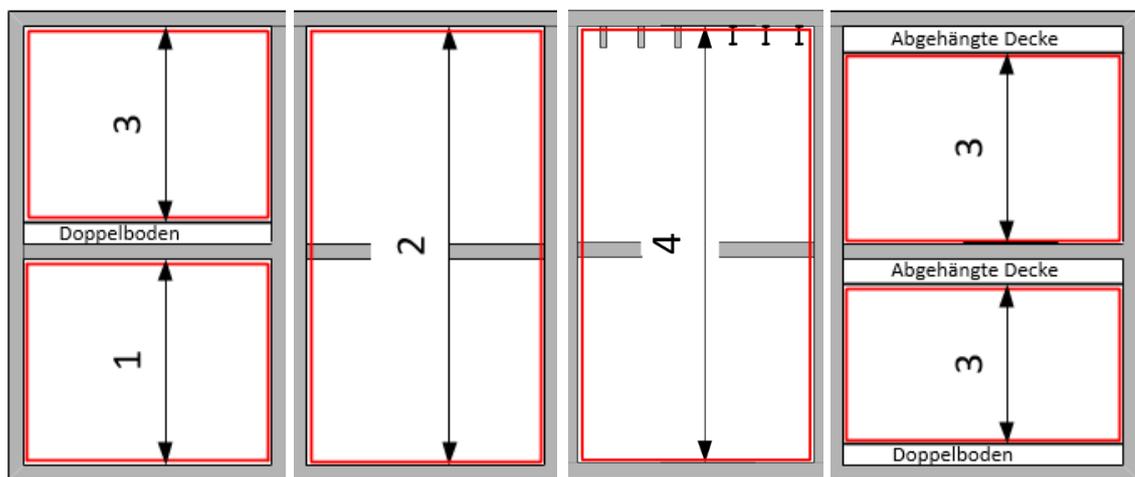


Figura 19: Pianta con rappresentazione delle dimensioni interne totali (fonte: SN EN ISO 9972; 2015)



- Legenda**  
 1 altezza in luce del locale di un'unità su un piano  
 2 altezza in luce del locale di un'unità su più piani  
 3 altezza in luce del locale con pavimento sopraelevato e/o controsoffitto  
 4 altezza in luce del locale con struttura portante in vista (p.es.: travi, putrelle, ribassamenti statici)  
 - Riferimento di misura per la superficie dell'involucro

Figura 20:13 Sezione con rappresentazione dell'altezza libera del locale

Ai fini del confronto (ad es. rapporto  $A_{int}/V_i$ ) è consigliabile determinare anche il volume interno ed eventualmente indicare il valore  $n_{50}$ . Il calcolo del volume interno è definito nella norma SN EN ISO 9972 [2], capitolo 6.1.1.

## 6.1 Presupposti per una misurazione

Per eseguire con successo una misurazione devono essere soddisfatti i seguenti presupposti:

- Gli strumenti di misura devono soddisfare i requisiti della norma SN EN ISO 9972 (misurazione della pressione  $\pm 1$  Pa nell'intervallo da 0 a 100 Pa; termometro  $\pm 0,5$  K).
- Il concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria deve essere approvato dal centro di certificazione.
- Sono stati eseguiti i calcoli del valore di riferimento.
- Devono essere presenti condizioni meteorologiche idonee (incertezza di misura max.  $\pm 15\%$ , differenza di pressione naturale  $\leq 5$  Pa; vedere osservazioni sottostanti).
- La direzione dei lavori è informata.
- L'oggetto rispettivamente la zona da misurare sono pronti dal profilo costruttivo.

### Note:

- Se la differenza di pressione naturale, soprattutto a basse temperature esterne, è inspiegabilmente alta quando il ventilatore è chiuso è verosimile che si è in presenza di un effetto camino, il quale indica la probabile presenza di aree aperte / grandi perdite nella parte superiore della zona da analizzare.
- Se il prodotto della differenza tra la temperatura dell'aria interna e la temperatura dell'aria esterna, espressa in Kelvin, moltiplicato per l'altezza, espressa in metri, dell'edificio o della parte di edificio misurata da un risultato superiore a 250 mK, è improbabile che si ottenga una differenza di pressione naturale soddisfacente.
- Se la velocità del vento in prossimità del suolo supera i 3 m/s o la velocità del vento meteorologico supera i 6 m/s o se la forza del vento Beaufort raggiunge il livello 3, è improbabile che si ottenga una differenza di pressione naturale soddisfacente.

## 6.2 Preparazione dell'edificio

### a) Zone di misurazione

Le zone da misurare devono essere definite nelle prime fasi tramite il concetto di misura! La base per la determinazione delle zone di misurazione è il concetto di ermeticità all'aria (vedere capitoli 5 e 8.2).

### b) Stato delle zone adiacenti

Nelle case monofamiliari è presente solitamente una sola zona di misurazione. Abitazioni PF ed edifici funzionali hanno quasi sempre zone adiacenti. Nelle abitazioni PF, in particolare, gli appartamenti confinanti formano zone adiacenti che devono essere separate ermeticamente (vedere capitolo 8.2). Per verificare le pareti divisorie verso le zone adiacenti, le finestre, le ante di ventilazione ecc. quando possibile vengono aperte in tutte le zone adiacenti al di fuori della zona di misurazione in modo che ci sia quanta più pressione esterna possibile analogamente alle pareti esterne (stessa differenza di pressione/pressione differenziale). Ove possibile, ciò vale anche per i "locali tampone" come cantine non riscaldate, verande, garage, ecc.

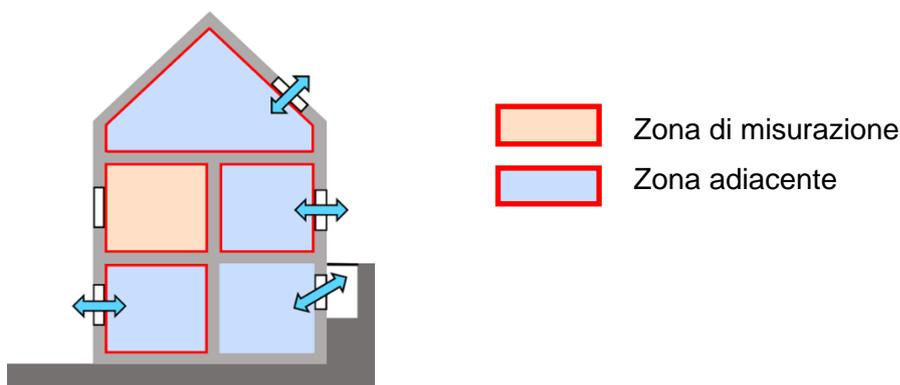


Figura 141: Misurazione di un'unità d'uso (appartamento) in un edificio (abitazione PF). Le finestre degli appartamenti confinanti, della scala e dei locali adiacenti non riscaldati vanno aperte

L'esperienza ha dimostrato che le finestre / porte aperte nelle zone adiacenti possono avere un impatto notevole sulla corrente di dispersione negli edifici in legno. Nel caso di appartamenti separati da soffitti in calcestruzzo/pavimenti in calcestruzzo, un effetto è raramente visibile (eccezione: nel caso di corrente di dispersione attraverso vani tecnici verticali).

Poiché non è sempre possibile avere tutte le zone adiacenti nello stato desiderato (ad es. per assenza degli inquilini); lo stato effettivo delle zone adiacenti, nel caso di una riduzione del flusso di controllo durante la misurazione, deve essere riportato nel rapporto di prova.

## 6.3 Sigillature provvisorie

### a) Sigillature provvisorie ammissibili

Per la misurazione secondo la **procedura 3**, le aperture intenzionali nel perimetro ermetico all'aria possono essere chiuse provvisoriamente. Ciò che è ammissibile è illustrato nelle seguenti **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden., 9 e 10**. Le differenze rispetto alla procedura 2 sono evidenziate in giallo.

Elementi costruttivi, installazioni, aperture, ecc...	Procedura 3	Procedura 2
Porte esterne, finestre / porte-finestre / abbaini / porte scorrevoli / lucernari	chiudere	chiudere
Porte di ascensori, ingressi aperti al pubblico (porte scorrevoli, porte girevoli con guarnizioni a spazzola, ecc...), portoni a rullo, porte scorrevoli, portoni a libro, portoni sezionali, impianti per l'evacuazione e la protezione dal fumo (RDA), ecc... verso zone con clima esterno o non riscaldate	chiudere <sup>1)</sup> Sigillare e documentare gli elementi costruttivi critici inevitabili <sup>2)</sup>	chiudere e sigillare
Porte interne e locali adiacenti riscaldati	aprire	aprire
Porta ascensore / vano verso altre zone di misura / utilizzo *)	chiudere	chiudere
Sportelli, botole, porte - verso locali all'interno del perimetro di ermeticità all'aria	aprire	aprire

Sportelli, botole, porte - verso locali al di fuori del perimetro di ermeticità all'aria	chiudere	chiudere
Buchi delle serrature	nessun provvedimento	nessun provvedimento
Porticine per gatti	chiudere	chiudere e sigillare
Soffitti ribassati e relative installazioni	nessun provvedimento	nessun provvedimento
Aperture in zone adiacenti verso il clima esterno (porte e finestre)	aprire quanto possibile (vedere NA.5.1.2 b)	aprire

\*) Se un vano ascensore ha un accesso diretto ad un appartamento / zona di utilizzo, la porta del vano ascensore non può essere sigillata provvisoriamente. La porta di chiusura del vano ascensore fa parte del perimetro d'ermeticità e deve essere realizzata in modo ermetico. In alternativa, una chiusura ermetica può essere installata davanti alla porta del vano ascensore.

<sup>1)</sup> Per i portoni a rullo, i portoni sezionali, le porte scorrevoli, i portoni a libro, ecc... classificati secondo la norma SN EN 12426 [20], si applicano i requisiti di cui al capitolo 4.4, lett. c).

<sup>2)</sup> Per gli elementi costruttivi critici inevitabili, vedere capitolo 4.4, lett. a). Nota: eseguire una misurazione singola per quantificare il volume di dispersione dell'elemento costruttivo interessato. Serve per il confronto con le norme di classificazione dell'elemento costruttivo.

#### Note:

Chiudere  $\triangleq$  a  $\triangleq$  chiuso

Portare un'apertura in posizione chiusa mediante un dispositivo di chiusura, senza aumentarne ulteriormente l'ermeticità all'aria. In assenza di un dispositivo di chiusura, l'apertura rimane invariata.

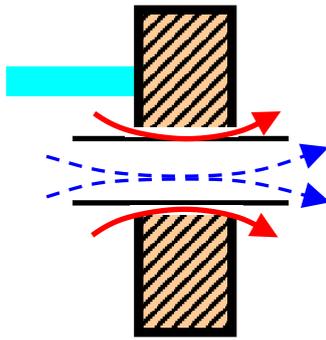
Aprire  $\triangleq$  a  $\triangleq$  aperto

Sigillatura  $\triangleq$  Nastratura  $\triangleq$  Chiusura temporanea dell'apertura con un ausilio adeguato (nastro adesivo, palloncino gonfiabile, tappo, ecc.).

Tabella 1: Preparazione dell'involucro dell'edificio (Tabella NA.2)

Elementi costruttivi, installazioni, aperture, ecc...	Procedura 3	Procedura 2
Raccordo avvolgibili / protezioni solari	nessun provvedimento	nessun provvedimento
Tubo panni sporchi verso un'altra zona di misurazione	chiudere	chiudere
Canali per l'aria, valvole in zone riscaldate	sigillare e documentare	sigillare e documentare
Tubi vuoti passanti verso altre zone	sigillare e documentare	sigillare e documentare
Aspirapolvere centralizzata	chiudere e sigillare	chiudere e sigillare
Ventilazione del vano ascensore, estrazione di fumo e calore (RWA)	schliessen	chiudere e sigillare
Asciugatrici in locali riscaldati con presa d'aria esterna	Chiudere l'asciugatrice e sigillare esternamente il tubo di scarico dell'aria	Chiudere l'asciugatrice e sigillare esternamente il tubo di scarico dell'aria
Stufe / caminetti, ecc...	chiudere e sigillare	chiudere e sigillare
Prese d'aria delle stufe	chiudere e sigillare	chiudere e sigillare
Camino della stufa	chiudere e sigillare	chiudere e sigillare
Chiusini in zone riscaldate	sigillare	sigillare
Quadro elettrico, fusibili, prese, apparecchi da incasso	nessun provvedimento	nessun provvedimento
Chiusure di pozzetti con pompe	chiudere	sigillare
Giunti nel pavimento con binari per il carico nei magazzini	sigillare e documentare	
Cassetta di distribuzione riscaldamento	nessun provvedimento	nessun provvedimento
Cassetta di risciaquo WC	nessun provvedimento	nessun provvedimento
Ulteriori allacciamenti sanitari e passaggi	nessun provvedimento	nessun provvedimento

In generale per il passaggio di condotte:



rosso: nessun provv.  
(= involucro)

blu: chiudere, risp.  
sigillare

Note: vedere tabella 8

Tabella 2: Preparazione delle aperture che non sono destinate alla ventilazione (tabella NA.3)

Elementi costruttivi, installazioni, aperture, ecc...	Procedura 3	Procedura 2
Elementi di ventilazione passiva regolabili manualmente	chiudere	
Serrande di ventilazione abbaini / lucernari	chiudere	chiudere
Apparecchio di ventilazione centralizzato o apparecchi per singoli locali	Sigillare gli apparecchi dove possibile e documentare	Sigillare gli apparecchi dove possibile e documentare
Bocchette d'aria di immissione per la ventilazione	chiudere o sigillare e documentare	chiudere o sigillare e documentare
Bocchette d'aria di aspirazione per la ventilazione	chiudere o sigillare e documentare	chiudere o sigillare e documentare
Cappa d'aspirazione della cucina (sistema a ricircolo)	nessun provvedimento	nessun provvedimento
Cappa d'aspirazione della cucina (sistema con espulsione)	sigillare e documentare	sigillare e documentare
Ventilatori di espulsione (bagni / docce / WC)	sigillare e documentare	sigillare e documentare

Note: vedere tabella 8

Tabella 3: Preparazione degli elementi per la ventilazione (Tabelle NA.4)

Note: dopo la rimozione delle sigillature provvisorie p.es. negli elementi costruttivi critici, stufe, ecc... è possibile, mediante una misurazione puntuale ( $\Delta p$  50 Pa), stimarne rapidamente l'infiltrazione specifica.

#### b) Piscine coperte

Se c'è un collegamento diretto (acqua) tra la piscina interna e quella esterna, questo passaggio deve essere provvisoriamente sigillato per poter testare l'ermeticità all'aria dell'involucro della piscina interna. I componenti critici (vedi capitolo 4.4) e i sistemi di ventilazione (vedi capitolo 8.4) possono essere sigillati provvisoriamente.

c) Piste di ghiaccio

I componenti critici (vedi capitolo 4.4) e i sistemi di ventilazione (vedi capitolo 8.4) possono essere provvisoriamente sigillati.

d) Impianti di aerazione

Per informazioni dettagliate sulla tenuta temporanea dei sistemi di ventilazione si veda il capitolo 8.4.

## 6.4 Individuazione delle infiltrazioni / verifica preliminare

La determinazione dell'ermeticità all'aria è una misura *quantitativa*. Il risultato della misurazione non indica dove si trovano le infiltrazioni. A questa domanda si può rispondere con *l'individuazione qualitativa* delle infiltrazioni. L'individuazione delle infiltrazioni è necessaria perché è l'unico modo per comprendere dove si trovano i difetti (soprattutto in caso di problemi e danni).

Verifica preliminare

La norma SN EN ISO 9972 [2] descrive nel capitolo 5.3.1:

*“L'intero involucro termico dell'edificio deve sempre essere misurato alla differenza di pressione massima, per verificare la presenza di importanti infiltrazioni e la tenuta delle sigillature provvisorie. Nel caso in cui venissero rilevate delle infiltrazioni, queste devono essere descritte dettagliatamente.”*

Nella pratica si è dimostrato utile eseguire la verifica preliminare = "individuazione delle infiltrazioni" sempre nelle seguenti condizioni:

- Pressione di riferimento ca. 50 Pa
- Depressione

A dipendenza della situazione possono rivelarsi idonei dei livelli di pressione più elevati. Il responsabile della verifica deve tener conto del fatto che livelli di pressione elevati possono sviluppare potenziali danni (ad esempio danni alla barriera vapore, se non fissata saldamente). L'esperienza insegna che solo facendo misurazioni con pressioni differenziali pressoché uguali la persona incaricata può sviluppare nel tempo un "metro di valutazione" affidabile in merito alle infiltrazioni rilevate. È essenziale che tutte le condizioni quadro siano registrate con precisione nella documentazione.

Mezzi per il rilevamento e la visualizzazione delle infiltrazioni (si veda anche la norma SN EN ISO 9972 [2], Allegato E):

- A mano (eventualmente con il dito bagnato o con il dorso della mano),
- Con tubi per la misurazione del flusso d'aria
- Con generatori di fumo (tuttavia, i generatori di fumo sono generalmente inadatti per piccole infiltrazioni)
- Con anemometro (misurazione della velocità dell'aria sulla superficie o a una distanza definita)
- Con fili di lana
- Con termografia a infrarossi (eventualmente con immagini differenziali)

- Con generatori di fumo per rilevare infiltrazioni inaccessibili
- Spray per il rilevamento delle infiltrazioni, per infiltrazioni particolarmente piccole

## 6.5 Misurazione

### a) La misurazione anticipata

Una misurazione dell'ermeticità all'aria può essere eseguita anche prima del completamento della costruzione. Per una cosiddetta "misura anticipata" (norma SN EN ISO 9972 [2], capitolo 5.1.3) devono essere completati tutti i lavori necessari per rendere ermetico l'involucro dell'edificio o la zona di misura. Se il risultato soddisfa il valore limite richiesto, il risultato viene riconosciuto per il requisito Minergie e non è necessaria alcuna ulteriore misura finale dopo la conclusione dei lavori. Nel protocollo di misurazione, lo stato della costruzione deve essere previamente registrato e tutte le sigillature provvisorie devono essere descritte in dettaglio (vedere capitolo 6.3, **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, risp. il foglio "preparazione" del formulario di verifica per la misurazione della permeabilità all'aria **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

el caso di una misurazione anticipata, può accadere che un elemento non sia ancora in funzione o addirittura mancante (porta d'ingresso dell'appartamento, porta verso un locale adiacente non riscaldato, escluse le porte che danno direttamente sul vano ascensore e garage, finestra difettosa a causa di danni all'edificio, ecc.) In casi simili può essere applicata una sigillatura provvisoria, ma ciò deve essere accuratamente documentato (foto). Si applica inoltre il principio di imporre degli oneri (capitolo 3.4, lett. f): La corretta installazione successiva deve essere confermata dal collaudatore. Le eccezioni usuali, che non devono essere nuovamente controllate, includono la porta dell'appartamento, (prerequisito: la porta ha una guarnizione sui 4 lati ed è regolata professionalmente), che di solito viene posata solo alla fine, quando il marchio Minergie è già stato assegnato.

La misurazione anticipata (con individuazione delle infiltrazioni) è utile nella fase di costruzione ed è richiesta dalle imprese, poiché le eventuali infiltrazioni possono spesso essere riparate senza grandi sforzi. Con il completamento dell'edificio, l'ermeticità all'aria sarà migliorata con i lavori di carpenteria, intonacatura, verniciatura e pavimentazione. Tuttavia, ulteriori infiltrazioni possono essere causate anche da successivi lavori di installazione (soprattutto elettrici) o dall'installazione dell'impianto di aerazione.

Il completamento dell'edificio comporta solitamente un cambiamento dell'ermeticità all'aria. Pertanto, i risultati delle misurazioni anticipate non sono ripetibili e dovrebbero essere ben documentati! I lavori sulla superficie ermetica all'aria dopo la misurazione devono essere monitorati e documentati dalla direzione dei lavori con collaudi parziali prima che non siano più accessibili a causa del rivestimento interno.

In caso di edifici funzionali vengono misurate solo parti dell'edificio, così il centro di certificazione può fornire ulteriori misurazioni (vedi capitolo 5.2). Queste misurazioni non sono soggette ad alcun requisito di valore limite e non sono rilevanti per la certificazione.

Una descrizione dettagliata delle singole misurazioni si trova nel capitolo 8.3.

b) Mancato raggiungimento del valore limite

Se il valore limite per un'unità in un oggetto non viene raggiunto dopo due tentativi di misurazione (misurazione dopo le correzioni effettuate in giorni diversi), oltre al numero predefinito di misurazioni deve essere misurata un'unità aggiuntiva. Se più unità non rispettano il valore limite dopo due tentativi di misurazione in un oggetto, il numero di misurazioni deve essere aumentato del numero di unità non rispettate. In un complesso con più edifici, il controllo vale per ogni oggetto.

Il misuratore o il richiedente è tenuto a informare immediatamente il centro di certificazione via e-mail o per telefono se una o più unità non rispettano il valore limite dopo due tentativi di misurazione. Allo stesso tempo, deve essere presentata e approvata dal centro di certificazione una proposta per l'unità o le unità supplementari da misurare. Il centro di certificazione può discostarsi dalla proposta definendo una o più unità aggiuntive da misurare.

c) Possibili problematiche durante la misurazione

Se durante una misurazione risulta evidente che il valore limite non viene raggiunto, si raccomanda di procedere come segue:

- 1) Controllare se le guarnizioni provvisorie si sono allentate. Alcuni tipi di nastro adesivo (nastro adesivo per calcestruzzo) possono staccarsi sotto pressione. Gli adesivi devono essere essiccati. I nastri adesivi ermetici richiedono un tempo di presa prima che raggiungano la loro massima tenuta!
- 2) Valutare se vi sono metodi di sigillatura provvisoria migliori / diversi applicabili per l'impianto di aerazione e per le altre sigillature provvisorie ammesse (si veda il capitolo 6.3). Ciò include anche il controllo se il Blower-Door, incluso il ventilatore, è ermetico su tutti i lati.

d) Sigillature provvisorie durante la misurazione

In conformità alla procedura 3 è chiaramente regolato ciò che può e non può essere sigillato (vedere capitolo 6.3, lett. a)) e cosa sono gli elementi costruttivi critici non risolvibili (vedere capitolo 4.4).

**Costituisce una violazione grave del regolamento e delle norme se un responsabile della verifica sigilla provvisoriamente o in modo non-professionale tutti i punti di perdita rilevabili in modo tale che sia possibile raggiungere il valore limite.**

## 6.6 Requisiti per la serie di misure

Le formulazioni per registrare le serie di misure sono riportate come segue nella norma SN EN ISO 9972 [2] al capitolo 5.3.4:

*La verifica viene eseguita misurando il flusso d'aria e la differenza di pressione tra interno ed esterno per un intervallo di differenza di pressione generata, a intervalli non superiori a circa 10 Pa. Per ciascuna verifica devono essere definiti almeno **cinque** punti determinati tra **la pressione differenziale minore e maggiore**, a intervalli approssimativamente simili.*

*La pressione differenziale più piccola deve essere di circa 10 Pa (cioè, con una deviazione ammissibile di  $\pm 3$  Pa) o cinque volte il valore della differenza di pressione naturale ( $\Delta p_{01}$ ), a dipendenza del valore maggiore dei due.*

*La pressione differenziale più alta deve essere almeno di 50 Pa; tuttavia, al fine di ottenere la massima precisione dei risultati calcolati, si raccomanda di eseguire la lettura dei dati con differenze di pressione fino a 100 Pa. Nota: lo strato ermetico deve essere in grado di resistere alle elevate differenze di pressione senza subire danni.*

In caso di scostamenti da questa regola, devono essere descritte le condizioni limite. La plausibilità della misura e il risultato devono essere verificabili dal centro di certificazione in caso di richieste, se necessario. Se i livelli di pressione superiori (min. 50 Pa) non sono raggiunti in edifici di grandi dimensioni, vale quanto segue:

- Se la pressione differenziale raggiunta  $< 25$  Pa, la misura non è valida,
- Se la pressione differenziale è compresa tra 25 Pa e 50 Pa, la misura è valida. Tuttavia, questo deve essere chiaramente indicato nel rapporto di verifica e deve essere giustificato,
- Per ulteriori informazioni vedere SN EN ISO 9972 [2], capitolo 5.3.4.

Se gli edifici di grandi dimensioni vengono misurati come un'unica zona, è necessario rispettare dei requisiti particolari. Questi requisiti sono descritti nel capitolo 8.5.

In deroga alla norma SN EN ISO 9972 [2], capitolo 5, la misura è valida per gli edifici Minergie:

- È imperativo che una serie di misurazioni venga effettuata mediante sovrappressione e depressione.
- Devono essere monitorati **almeno 5 punti di misura** a intervalli approssimativamente regolari. Il punto di misura più basso e quello più alto dovrebbe differire di **circa 40 - 70 Pascal**, considerando che il valore di riferimento (50 Pa) dovrebbe essere chiaramente compreso nella serie di misure.
- Per aumentare l'accuratezza dei valori misurati in caso di fluttuazioni di pressione indotte dal vento, sono utili ulteriori misure (vedere capitolo 6.7, nota sul coefficiente di determinazione  $r^2$ ).

## 6.7 Qualità della serie di misure

La norma SN EN ISO 9972 [2] colma le lacune di qualità della valutazione dei dati riportati nel capitolo 6.1.

In merito all'esponente di flusso  $n$  e il coefficiente di determinazione  $r^2$ :

*“Affinché i risultati della verifica siano validi nel contesto della presente norma internazionale,  $n$  deve essere compreso tra 0.5 e 1 e il valore di  $r^2$  non può essere al di sotto di 0.98”.*

Nota sull'esponente di flusso  $n$ :

Per i flussi turbolenti (grandi aperture) il valore è vicino a 0,5, per i flussi laminari (aperture lunghe e molto strette) il valore è vicino a 1. Le infiltrazioni nell'edificio di solito rappresentano una combinazione dei due flussi e il valore sarà compreso tra i due estremi. Se il valore è al di fuori dell'intervallo consentito, infiltrazioni o sigillature temporanee nell'involucro possono essere mutate durante la registrazione della serie di misurazioni.

Nota sul coefficiente di determinazione  $r^2$ :

Il coefficiente di determinazione  $r^2$  può essere influenzato positivamente aumentando il numero di punti di misurazione (da 8 a 10, invece di solo 5) e il tempo di durata medio di ogni punto di misurazione (ampliamento della nuvola di punti). Allo stesso modo, un aumento dei valori misurati (differenza di pressione > 60 Pa) può avere un'influenza positiva.

## 6.8 Analisi dei dati

Affinché lo svolgimento del processo di misura sia affidabile devono essere calcolati e dichiarati diversi parametri. Normalmente questi vengono forniti dal software del sistema di misura. I dettagli sui valori di riferimento, le formule di calcolo e le unità derivate sono riportati nel capitolo 6 e [in NC.2](#) della norma SN EN ISO 9972 [2].

# 7 Rapporto di misurazione dell'ermeticità all'aria

## 7.1 Requisiti del rapporto di misurazione

In linea di principio, i rapporti devono essere conformi a tutti i requisiti della norma SN EN ISO 9972 [2], capitolo 7. La documentazione delle misurazioni Minergie è soggetta ad ulteriori requisiti, descritti di seguito:

Descrizione dell'oggetto da misurare e questioni procedurali

- Informazioni sull'oggetto da misurare (indirizzo, tipo di edificio, anno di costruzione, altezza sul livello del mare, ev. foto),
- Standard Minergie dell'edificio,
- Fattore di esposizione al vento (A, B, C) della zona di misurazione,
- Vento, se disponibile: sviluppo nel giorno di misurazione, dalla stazione meteo nelle vicinanze,
- Altezza della zona di misura (altezza in aria → effetto-camino),
- Documentazione della zona di misurazione (ev. foto) e informazioni sui valori di riferimento:
  - Calcoli dell' $A_{int}$  (inclusi piani con indicazione della zona/e di misura),
- Procedura utilizzata 1, 2 o 3 (norma SIA 180 [1]: procedura 2 o Minergie: procedura 3),
- Se si intendono utilizzare le procedure 1 o 2 (descritte nella norma SN EN ISO 9972 [2], capitolo 5.2.3), ciò dovrà essere previamente discusso con il centro di certificazione di riferimento, **specificandone in dettaglio le motivazioni e allegando al rapporto di misurazione l'accordo scritto.**

Condizioni durante la misurazione

- Foto e descrizione con posizione e tipo di Blower-Door montato durante la misura
- Data e ora della misurazione
- Stato:
  - Misura anticipata o finale
  - Documentazione stato attuale
- Edificio esistente / edificio datato
- Descrizione/elenco dettagliato e/o foto che illustrano cosa, come e dove è stata eseguita la sigillatura provvisoria (vedere capitolo 6.3). Può anche essere utilizzata la lista di controllo: foglio "preparazione", nel formulario di verifica per la misurazione dell'ermeticità all'aria **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**
- Descrizione dello stato delle zone adiacenti se non è garantito che le finestre siano aperte. Se questo stato non è noto (perché potrebbe non essere accessibile), ciò dev'essere specificato nel rapporto.

Altro:

Indipendentemente dal fatto che sia stato raggiunto o meno il valore limite, le infiltrazioni più importanti riscontrate devono essere descritte in dettaglio e, ove possibile, documentate con foto (per dettagli, vedere capitolo 6.5, lett. b) e [8]). Si

raccomanda di integrare nel rapporto le *osservazioni* riportate nella tabella dei valori limite (Tabella 6).

## 8 Allegati

### 8.1 Mezzi ausiliari per ogni fase della costruzione

Per ogni fase della costruzione è disponibile una checklist relativa alla permeabilità all'aria [6] che può essere scaricata dal sito [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch). A titolo esemplificativo, la parte della checklist per la fase preliminare del progetto è rappresentata qui di seguito.

Fase di progetto preliminare

	Responsabile	Eseguito	Osservazioni
È stato sviluppato il concetto di ermeticità all'aria?			
È stato sviluppato il concetto di ventilazione?			
Concetto di misurazione dell'ermeticità necessario: eseguito?			
È stato definito l'involucro ermetico dell'edificio?			
Si è evitato il più possibile di attraversare l'involucro ermetico?			
Le congiunzioni nell'involucro ermetico sono state limitate?			
I concetti sono stati discussi con gli specialisti (fisico della costruzione, RSVC e esperti in ecologia)?			
Concetto di misurazione dell'ermeticità necessario / allestito, pianificazione terminata e sottoposta agli specialisti?			
Concetto di misurazione dell'ermeticità presentato al centro di certificazione?			

Figura 152: Checklist permeabilità all'aria [6]

### 8.2 Norma SIA 180 [1]

Con la norma SIA 180:2014 [1] tutti i valori di riferimento rilevanti per l'ermeticità all'aria sono definiti come nelle norme internazionali. Esistono ancora solo alcune differenze nelle designazioni/simboli (confronto dei simboli: vedere tabella 4).

#### Valori limite secondo la norma SIA 180 [1]

La norma SIA 180 [1] prescrive i seguenti valori limite e valori mirati:

(Nota:  $q_{a50,ii}$  /  $q_{a50,ta}$  equivale a  $q_{E50}$  secondo norma SN EN ISO 9972, [2])

	Valore limite		Valore mirato
	Ventilazione naturale	Ventilazione meccanica	in generale
	$q_{a50,ii}$	$q_{a50,ii}$	$q_{a50,ta}$
	$m^3/(h \cdot m^2)$	$m^3/(h \cdot m^2)$	$m^3/(h \cdot m^2)$
<b>Edifici nuovi</b>	2.4	1.6	0.6
<b>Edifici trasformati, riattati</b>	3.6	2.4	1.2

Tabella 11: Valori limite e valori mirati della norma SIA 180 [1]

#### Note:

- I valori limite devono obbligatoriamente essere rispettati. I valori mirati devono essere perseguiti.
- Un altro valore limite per le pareti divisorie è descritto nel capitolo 3.3.4: vedere tabella 12, nota <sup>6)</sup>

## Panoramica dei concetti secondo norma SIA 180 [1]

	Norma SN EN ISO 9972 [2]	Norma SIA 180 [1]	Minergie
<b>Concetto di ventilazione</b> <sup>1)</sup>	nessuna prescrizione	sì, vedere <sup>1)</sup> SIA cap. 3.2	Sì (base: SIA)
<b>Concetto di ermeticità</b> <sup>2)</sup>	Sì, vedere allegato nazionale NA.5.1.2.a NB.1.2 + NB.1.3 NB.2.3.1	sì, vedere SIA cap. 3.6.1.6 <sup>3)</sup> SIA cap. 3.6.1.5 <sup>4)</sup> SIA cap. 3.6.1.1 <sup>5)</sup> SIA cap. 3.3.4 <sup>6)</sup>	Sì (base: SIA)
<b>Concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria</b> <sup>7)</sup>	Sì, vedere allegato nazionale NB	nessuna prescrizione	Sì, in caso di obbligo di misurazione e condizioni specifiche <sup>7)</sup>

Tabella 12: Panoramica concetti di ventilazione, ermeticità e di misurazione dell'ermeticità all'aria

- 1) Sebbene il **concetto di ventilazione** non abbia nulla a che fare con le misurazioni, il capitolo 3.2.5 della norma SIA 180 [1] può essere di notevole importanza per l'analisi dei risultati delle misurazioni e le perizie nel campo della permeabilità dell'aria: *"Nel caso sia pianificata una ventilazione dove spetta all'utente garantire manualmente l'approvvigionamento d'aria fresca e quindi la qualità dell'aria interna, allora è necessario notificarlo chiaramente nella documentazione dell'opera, segnalando i possibili problemi correlati con il sistema."*
- 2) Per quanto riguarda il **concetto di ermeticità**, la norma SIA 180 [1] spiega quanto segue:
- 3) Capitolo 3.6.1.6: *"La posizione e lo sviluppo, sia in superficie che presso i raccordi costruttivi con altri elementi e gli attraversamenti dell'elemento che garantisce l'ermeticità all'aria devono essere stabiliti **nel concetto d'ermeticità all'aria dell'edificio.**"*
- 4) Capitolo 3.6.1.5: *"Negli immobili non abitativi e nei grandi edifici spesso s'impiegano **elementi costruttivi cosiddetti critici in merito alle infiltrazioni d'aria** (p.es. portoni scorrevoli, avvolgibili o pieghevoli, porte girevoli, porte d'ascensori, ante per l'evacuazione di calore o di fumo). Inoltre, spesso misurazioni analoghe a quelle per le abitazioni non sono possibili. Per edifici di questo genere le esigenze da rispettare e i valori limite devono quindi essere **pattuiti specificatamente nel concetto d'ermeticità dell'edificio.**"*
- 5) Nella norma SIA 180 [1] il capitolo 3.6.1.1 è decisivo per quanto riguarda le zone ermetiche: *"Le esigenze d'ermeticità non interessano solamente l'involucro termico dell'edificio ma, a dipendenza della situazione, anche suddivisioni interne all'involucro (pareti divisorie tra appartamenti, zone d'utilizzo diversificate negli edifici commerciali, ecc.). **Spetta al progettista stabilire** quali zone di un edificio debbano rispettare le esigenze d'ermeticità."*
- 6) Un caso particolare riguardante le delimitazioni/zone ermetiche è descritto nella norma SIA 180 [1] nel capitolo 3.3.4 e corredato di un valore limite separato: *"Pareti, pavimenti e solette che separano i locali in cui ci sono fonti di sostanze inquinanti dell'aria o d'umidità (p.es. autorimesse, cantine, locali con alta concentrazione di radon) dai locali occupati, devono essere quanto più possibile ermetici all'aria. Porte e attraversamenti tra queste zone devono*

*essere eseguiti in modo tale che il flusso d'aria a 50 Pa di pressione differenziale diviso la superficie totale degli elementi costruttivi divisori sia inferiore a  $2 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ .* “

- 7) In merito al **concetto di misurazione** dell'ermeticità all'aria: si veda il capitolo 5.

Sul concetto di ermeticità la norma SIA 180 [1] specifica, tra l'altro, quanto segue:

- Capitolo 3.6.1.4: *"Infiltrazioni d'aria puntuali non devono causare danni o una riduzione del benessere (p. es. a causa di correnti d'aria, odori o rumori) neanche se i valori limite sono rispettati. Per elementi costruttivi cosiddetti critici per quello che concerne le infiltrazioni d'aria, le esigenze d'ermeticità sono da stabilire specificatamente oppure sono da prestabilire classi di ermeticità all'aria secondo le norme per gli elementi costruttivi (SN EN 12152, SN EN 12207, SN EN 12426, SN EN 13125)."*

Nota degli autori: vedere anche gli annessi delle norme sugli elementi costruttivi SIA 329, SIA 331, SIA 343 ecc.

- Art. 3.6.4.2: *"La misura dell'ermeticità all'aria negli edifici nuovi si esegue in genere anticipatamente, al termine della costruzione grezza, appena i lavori determinanti per l'ermeticità sono conclusi. Può però avvenire anche a lavori ultimati o quando i locali sono utilizzati"*

Diverse altre norme SIA rimandano alla norma SIA 180 [1] in merito all'ermeticità all'aria.

Oltre alla SIA 180 [1], il concetto di ermeticità all'aria è richiesto anche dalle norme sugli elementi costruttivi SIA 232/1, 232/2 e SIA 271. Secondo lo stato della tecnica, esso è un presupposto indispensabile per l'elaborazione del concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria e per il successo della misura differenziale dopo il raggiungimento del livello di ermeticità all'aria.

Pertanto, il concetto di ermeticità all'aria e il concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria per gli edifici Minergie sono, a seconda dello standard, **sono parte** della certificazione e devono essere presentati o eseguiti insieme agli altri documenti richiesti (si veda il capitolo 3.1 per i requisiti esatti).

Per tale motivo, **il concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria fa parte della certificazione per gli edifici Minergie-P e A** e deve essere presentato o eseguito insieme agli altri documenti richiesti (per i requisiti precisi vedere capitolo 3.1).

## 8.3 Ulteriori metodi di misurazione

- a) La misurazione orientativa

Durante un'analisi di un edificio è spesso necessario fornire un'indicazione sull'ermeticità all'aria nel più breve tempo possibile e con il minimo sforzo possibile (costi). Si tratta di una *"misurazione orientativa"* quando si applica una procedura abbreviata e semplificata per determinare il risultato di una misurazione dell'ermeticità all'aria - ad esempio solo con depressione, solo come misura di 1 punto a 50

Pa, o con solo il valore di riferimento stimato - o con altre misure che si discostano dalle norme e dalle presenti linee guida. Ciò comporta anche altre incertezze di misura, solitamente maggiori rispetto alle misurazioni standard. La designazione corretta di tale misurazione è quindi "*misurazione orientativa in base alla norma...*", dove occorre specificare in cosa consiste il riferimento / non riferimento (*si veda il link [12], da leggere per i professionisti della misurazione*).

Il risultato di una "*misurazione orientativa*" può essere confrontato con i valori limite, ma non è ammessa alcuna valutazione (soddisfatto/non soddisfatto) in termini di valori limite Minergie.

#### b) Immagini termografiche

Se il centro di certificazione prescrive l'intervento, l'intero edificio deve essere esaminato dall'esterno per individuare eventuali punti deboli mediante immagini termografiche. La temperatura interna durante le riprese deve corrispondere alla situazione in esercizio. Si può presumere che, nell'interesse di tutti i soggetti coinvolti nel processo di costruzione, le incongruenze o i punti problematici riscontrati siano oggetto di ulteriori indagini e miglioramenti. Occorre allestire un rapporto da presentare al centro di certificazione.

Note sull'interpretazione delle termografie in caso di infiltrazioni:

Usare prudenza nell'interpretazione delle perdite riscontrate con una termocamera a infrarossi! Vedere l'esempio seguente.

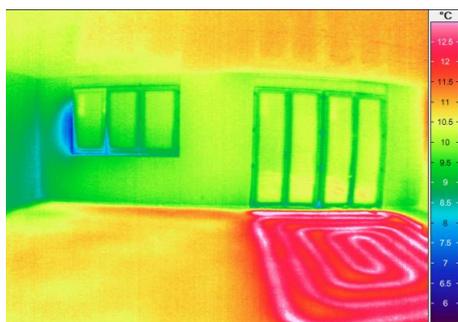


Figura 163: Differenza di temperatura sull'involucro termico dell'edificio: ca. 8 Kelvin, depressione: 50 Pa, da ca. 10 min. Attenzione: la finestra a sinistra è ermetica! La zona blu a fianco è causata dal fatto che la finestra prima era aperta a ribalta (fonte: Ingenieurbüro Bauchek-Tanner)

Il metodo di sottrazione a infrarossi è adatto per ottenere informazioni dettagliate sulle infiltrazioni. Ulteriori informazioni sono disponibili sul sito <https://www.thech.ch/de/publikationen/publikationen>.

Va tenuto presente che non tutte le zone problematiche possono essere visualizzate con immagini a infrarossi. Le infiltrazioni che conducono a zone limitrofe (ad esempio in appartamenti) spesso non sono rilevabili perché la parete divisoria di solito non si trova in un gradiente termico.

Non esiste una formula generale per la valutazione delle infiltrazioni. Le possibili cause, gli effetti, le condizioni e le abitudini degli occupanti sono troppo variegate. Lo studio "*Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen - Handlungsempfehlung für Baupraktiker*" (2016) [8] fornisce informazioni complete sull'argomento.

## 8.4 Sigillature temporanee per impianti di ventilazione

Quando si esegue una misurazione secondo la **procedura 3**, i canali/tubi dei sistemi di ventilazione e le aperture di ventilazione che portano all'esterno devono essere sigillati per evitare un grande flusso d'aria attraverso questi sistemi tecnici.

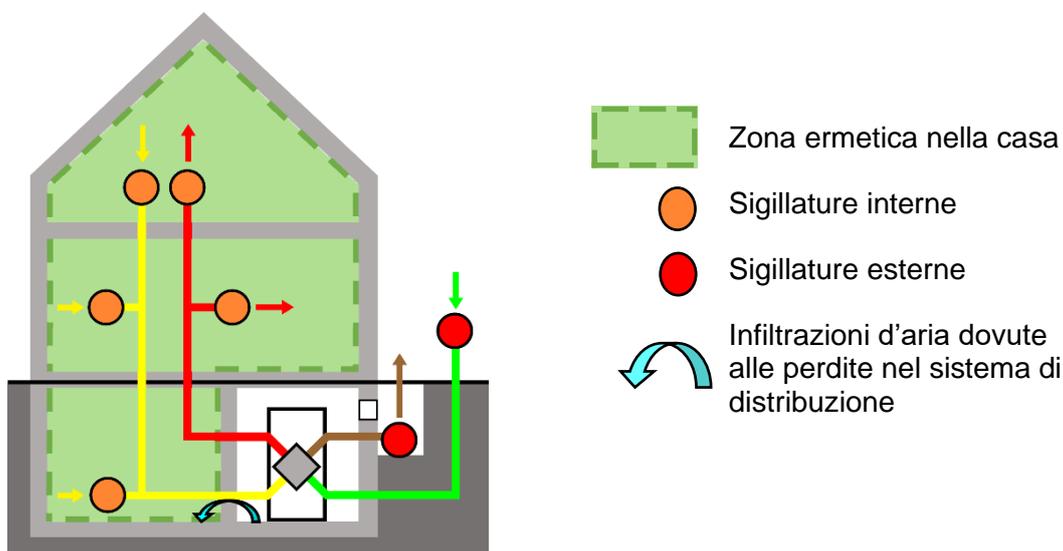


Figura 174: Sigillature temporanee possibili sugli impianti di ventilazione

### Infiltrazioni negli impianti di ventilazione

Le misurazioni negli edifici dotati di impianti di ventilazione sono particolarmente delicate. Per chiudere/sigillare questi sistemi vi sono diverse possibilità. Le sigillature possono essere installate all'interno, all'esterno, nell'unità di ventilazione o in più punti (vedere Figura 174 e **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.5**).

Tuttavia, a seconda dell'ermeticità del sistema di distribuzione, si verificano infiltrazioni d'aria. Nonostante le sigillature, la misurazione dell'ermeticità all'aria rileva dunque un flusso d'infiltrazione maggiore o minore attraverso i canali e l'unità del sistema di ventilazione. Questo flusso d'infiltrazione non ha nulla a che fare con l'involucro dell'edificio e deve essere evitato per quanto possibile con sigillature provvisorie in conformità alla procedura 3.

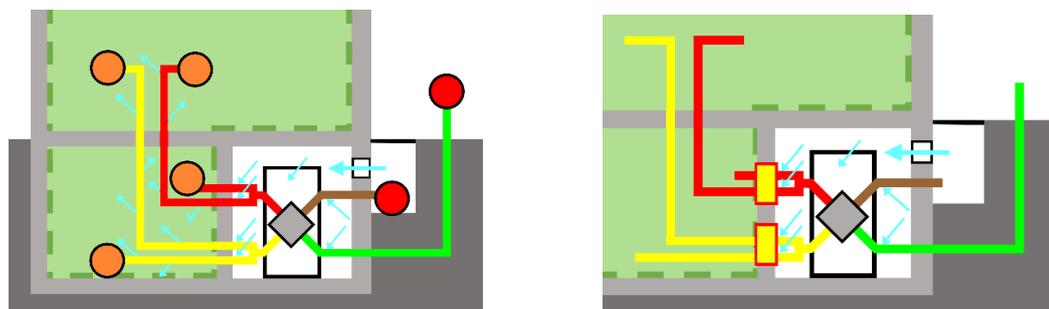


Figura 185: a sinistra: infiltrazioni d'aria (situazione che si verifica durante il rilevamento delle perdite in depressione) causate dai raccordi dei tubi che non sono sigillati ermeticamente. A destra: solo una sigillatura

efficace della superficie ermetica all'aria (preferibilmente durante la fase di costruzione) previene le infiltrazioni.

## 8.5 Edifici di grandi dimensioni

Affinché l'edificio / parte dell'edificio da testare si comporti come una singola zona, la disposizione dei dispositivi di trasporto dell'aria e dell'apertura delle porte interne devono essere tali da ottenere una pressione interna uniforme. Le differenze di pressione all'interno non devono superare il 10% della differenza di pressione tra interno ed esterno. Se questa condizione non può essere soddisfatta, si deve verificare se l'edificio / parte dell'edificio suddividendolo in zone di misurazione più piccole.

Soprattutto nel caso di edifici grandi e/o complessi, c'è il rischio che quest'ultima condizione non venga soddisfatta. Può essere controllata misurando le differenze di pressione tra i diversi ambienti durante la prova preliminare. Tutte le aperture di collegamento nell'edificio / parte dell'edificio da testare devono essere aperte.

Controllare la differenza di pressione **tra interno ed esterno** nelle zone critiche (stanze più lontane / parti dell'edificio):

- Creare una differenza di pressione dell'edificio di 50 Pa
- Misurare successivamente la differenza di pressione tra interno ed esterno nelle zone critiche. Potrebbe essere necessario un secondo dispositivo di misurazione.
- Se vengono selezionate altre differenze di pressione dell'edificio, la deviazione non deve superare il  $\pm 10\%$  della differenza di pressione dell'edificio selezionato nel luogo di installazione del dispositivo di misurazione.

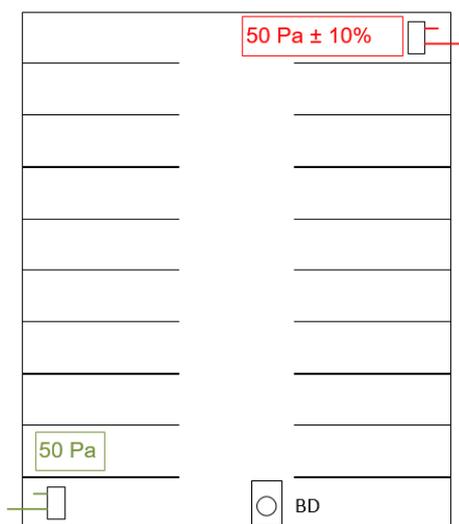


Figura 196: Controllo grafico della differenza di pressione tra interno ed esterno nelle zone critiche. Esempio differenza di pressione dell'edificio di 50 Pa nel luogo di installazione del dispositivo di misurazione

Controllare la distribuzione della pressione **all'interno dell'edificio**:

- Creare una differenza di pressione dell'edificio di 50 Pa
- Confronto della pressione vicino all'unità di misura con la pressione nelle zone critiche
- La differenza di pressione tra il proiettile con il dispositivo di misura e la zona critica non deve superare i 5 Pa (vedi Figura 20).
- Se vengono selezionate altre differenze di pressione dell'edificio, la deviazione non deve superare il  $\pm 10\%$  della differenza di pressione dell'edificio selezionato nel luogo di installazione del dispositivo di misurazione.

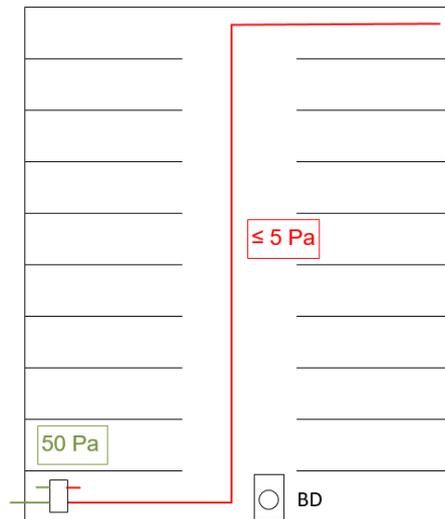


Figura 207: Controllo grafico della differenza di pressione all'interno dell'edificio. Esempio differenza di pressione dell'edificio di 50 Pa nel luogo di installazione del dispositivo di misurazione

Se le condizioni non sono soddisfatte, verificare se il dispositivo di misurazione può essere spostato nella zona di pressione neutra.

# Bibliografia

- [1] Norma SIA 180; Isolamento termico, protezione contro l'umidità e clima interno degli edifici; 2014/07
- [2] Norma SN EN ISO 9972 (in Tedesco); Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren; 2015/09 (SIA 180.206; 2016/02)
- [3] Norm EN 13829 (ritirata); Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren; 2000/11
- [4] Regolamento d'uso del marchio Minergie, Versione 2022.1; <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie/>; Documenti di lavoro, Basi; 2020/01
- [5] Regolamento di prodotto degli standard di costruzione Minergie, Versione 2022.1; <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie/>; Documenti di lavoro, Basi; 2020/01
- [6] Checklist permeabilità all'aria, versione 2018.1; <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie-p/>; Documenti di lavoro, Ermeticità all'aria; 2018/01
- [7] Formulario di verifica per la misura della permeabilità all'aria - una zona, versione 2020.1, incl. elenco delle infiltrazioni-sigillature <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie-p/>; 2020/01 rispettivamente formulario di verifica per la misura della permeabilità all'aria – più zone, versione 2020.1, incl. elenco delle infiltrazioni-sigillature <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie-p/>; 2020/01
- [8] Forschungsbericht: Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen - Handlungsempfehlung für Baupraktiker (Flieg, AIBAU, IBP); [www.flib.de/publikationen/forschungsbericht/FLiB\\_Forschungsbericht\\_2016.pdf](http://www.flib.de/publikationen/forschungsbericht/FLiB_Forschungsbericht_2016.pdf); 2016/10
- [9] AICAA Norme e direttive per la protezione antincendio; <http://www.praever.ch/it/bs/vs/seiten/default.aspx>
- [10] Testo per bandi di concorso per le misure dell'ermeticità all'aria (in tedesco o francese); <https://www.thech.ch/de/blower-door/blower-door>
- [11] Progettazione concetto di ermeticità, versione 2018.1; <https://www.thech.ch/de/blower-door/blower-door>
- [12] Normgerecht prüfen - aber mit Verstand (Günter Kalinna); <https://fdokument.com/document/normgerecht-pruefen-aber-mit-verstand.html>; 2011/05

- [13] Anwendung der erweiterten Blower-Door-Messmethoden (Monika Hall); [http://www.uni-kassel.de/fb6/bpy/de/forschung/veroeffentlichungen/ Publikationen00/bp6\\_00.pdf](http://www.uni-kassel.de/fb6/bpy/de/forschung/veroeffentlichungen/Publikationen00/bp6_00.pdf); 2000
- [14] Norma SIA 380/1; Fabbisogno termico; 2016/12
- [15] Questionario sul concetto di ermeticità - <https://www.thech.ch/de/blower-door/blower-door>
- [16] Norma DIN EN ISO 9972; Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:2015); Deutsche Fassung EN ISO 9972:2015; 2018/12
- [17] Norma SIA 380, Basi per il calcolo energetico di edifici, 2015/04
- [18] Requisiti supplementari per piscine coperte, Version 2020.1; <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie/>; Documenti di lavoro, requisiti supplementari; 2020/01
- [19] Requisiti supplementari per piste su ghiaccio, Version 2020.1; <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie/>; Documenti di lavoro, requisiti supplementari; 2020/01
- [20] SN EN 12426; SIA-Norm 343.103; Tore – Luftdurchlässigkeit - Klassierung; 2000
- [21] Formulario di verifica: <https://www.thech.ch/de/blower-door/blower-door> o <https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/minergie-p/> risp. <https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/minergie-a/> - Documenti di lavoro – Ermeticità all'aria
- [22] FLiB-Luftdichtheitskonzept: <https://www.flib.de/publikationen/Luftdichtheitskonzept/FLiB-Luftdichtheitskonzept.pdf?m=1560934237>

## Ulteriori riferimenti

- FLiB - Leitfaden Luftdichtheitskonzept: [https://www.flib.de/ldk/FLiB\\_Luftdichtheitskonzept.pdf?m=1560936730](https://www.flib.de/ldk/FLiB_Luftdichtheitskonzept.pdf?m=1560936730)
- SN EN 1026; SIA-Norm 331.055; Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit - Prüfverfahren; 2016 (disponibile in tedesco o in francese)
- SN EN 12152; SIA-Norm 329.001; Vorhangfassaden - Luftdurchlässigkeit - Leistungsanforderungen und Klassifizierung; 2002 (disponibile in tedesco o in francese)
- SN EN 12153; SIA-Norm 329.002; Vorhangfassaden - Luftdurchlässigkeit – Prüfverfahren; 2000 (disponibile in tedesco o in francese)
- SN EN 12207; SIA-Norm 331.301 Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit - Klassifizierung; 2016 (disponibile in tedesco o in francese)
- SN EN 12427; SIA-Norm 343.104; Tore – Luftdurchlässigkeit - Prüfverfahren; 2000 (disponibile in tedesco o in francese)
- SN EN 12835; SIA-Norm 342.008; Luftdichte Abschlüsse - Prüfung der Luftdurchlässigkeit; 2000 (disponibile in tedesco o in francese)
- SN EN 13125; SIA-Norm 342.011; Abschlüsse - Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand - Zuordnung einer Luftdurchlässigkeitsklasse zu einem Produkt; 2001 (disponibile in tedesco o in francese)

Modello d'esempio di concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria: [https://www.thech.ch/layout/archiv/dokumente/blowerdoor-dokumente/221117\\_Mustermesskonzept%20Beispiel\\_inkl\\_Planbeilage.pdf](https://www.thech.ch/layout/archiv/dokumente/blowerdoor-dokumente/221117_Mustermesskonzept%20Beispiel_inkl_Planbeilage.pdf)