

Direttiva Ermeticità degli edifici Mi- nergie (RiLuMi)

Versione **2026.1**

Versione del 01.01.2026, valida dal 01.01.2026



Con il sostegno di

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

Autori:

Beda Bossard, Hochschule Luzern – Technik & Architektur / Minergie Schweiz

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

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

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

Immagine di copertina:

Fonte: Hochschule Luzern – Technik & Architektur; Foto 03.09.2020

Minergie Svizzera

Bäumleingasse 22

4051 Basilea

T 061 205 25 50

info@minergie.ch

www.minergie.ch

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 le numerose revisioni successive.

Un ulteriore ringraziamento è rivolto a tutte le aziende che hanno messo a disposizione materiale visivo e documenti di pianificazione.

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

Indice

1	Introduzione	5
1.1	Contesto	5
1.2	Perché l'ermeticità all'aria è importante	5
1.3	Le principali modifiche del 2026 in breve	5
1.4	Capitoli rilevanti per gli addetti ai lavori	6
2	Documenti e concetti	7
2.1	Documenti applicabili	7
2.2	Terminologia	7
3	Requisiti Minergie	9
3.1	Requisiti da rispettare	9
3.2	Incertezza di misura totale	10
3.3	Altri requisiti specifici sui valori limite	11
3.4	Condizioni e competenze per l'individuazione delle infiltrazioni	12
4	Concetto di ermeticità all'aria	14
4.1	Requisiti per il concetto di ermeticità all'aria	14
4.2	Concetto di ermeticità all'aria nell'edilizia abitativa	16
4.3	Concetto di ermeticità all'aria per edifici funzionali	17
4.4	Gestione degli elementi costruttivi critici	19
4.5	Transizioni tra elementi costruttivi / attraversamenti	21
5	Concetto per la misurazione dell'ermeticità all'aria	23
5.1	Numero di zone di misurazione negli edifici abitativi e funzionali	23
5.2	Numero di zone di misurazione negli edifici abitativi	24
5.3	Definizione delle zone di misurazione negli edifici funzionali	26
5.4	Definizione delle zone di misurazione per ampliamenti e cambiamenti di destinazione	27
6	Misurazione dell'ermeticità all'aria	30
6.1	Presupposti per una misurazione	31
6.2	Preparazione dell'edificio	32
6.3	Sigillature provvisorie	34
6.4	Metodo di misurazione	37
6.5	Mancato raggiungimento del valore limite	39
6.6	Requisiti per la serie di misure	40
6.7	Qualità della serie di misure	41
6.8	Analisi dei dati	41
6.9	Ulteriori metodi di misurazione	41
7	Rapporto di misurazione dell'ermeticità all'aria	43
7.1	Requisiti del rapporto di misurazione	43
8	Allegati	44
8.1	Mezzi ausiliari per ogni fase della costruzione	44
8.2	Norma SIA 180 [1]	44
	Bibliografia	47
	Ulteriori riferimenti	49

1 Introduzione

1.1 Contesto

Questo documento è rivolto a tutti i professionisti coinvolti nella costruzione (committenti, progettisti, direttori dei lavori, artigiani specialisti, ecc.). Il pubblico di riferimento è quindi notevolmente più ampio rispetto alle precedenti edizioni della RiLuMi, che si concentravano principalmente sulle persone responsabili delle misurazioni.

Fino ad ora, l'ermeticità all'aria era un requisito solo per gli edifici Minergie-P e Minergie-A, per i quali era necessario dimostrare la conformità mediante 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)". Dalla sua introduzione, la RiLuMi 2007 è stata costantemente aggiornata e adattata a diverse 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 procedere ad una revisione completa, estendendo i contenuti per soddisfare le esigenze dei progettisti e degli addetti alle misurazioni.

1.2 Perché l'ermeticità all'aria è importante

Un edificio dovrebbe essere realizzato il più possibile ermetico all'aria, in particolare 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 e le sostanze inquinanti ad esse associate
- Minimizzare le perdite termiche
- Garantire la protezione termica estiva

1.3 Le principali modifiche del 2026 in breve

Le modifiche più importanti rispetto alla direttiva del 2024.1 sono le seguenti:

- Nella seconda edizione della norma SN EN ISO 9972 2022-12 [2], i requisiti e le denominazioni sono stati armonizzati con la norma SIA 180 [1]. Un confronto con la prassi precedente è illustrato nella Tabella 1.
- Chiarimento sulla scelta delle zone di misurazione negli edifici funzionali, nonché negli edifici residenziali con meno di 5 unità (vedere capitoli 5.2 e 5.3).
- Per la certificazione provvisoria, negli edifici funzionali il concetto di misurazione dell'ermeticità deve essere obbligatoriamente presentato (vedere capitolo 5.3).
- Chiarimento relativo alle porte degli ascensori che conducono direttamente ad una zona (vedere capitolo 4.2, figura 4).
- Aggiornamento della gestione degli elementi di porte e portoni certificati e degli elementi costruttivi critici (vedere capitolo 4.4).
- Passaggio dalla procedura 2 alla procedura 3, in conformità alla seconda edizione della SN EN ISO 9972 2022-12. – Le possibili preparazioni degli edifici e le relative modifiche sono riportate nelle tabelle 8 (NA.2), 9 (NA.3) e 10 (NA.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 Tabella 4.

1.4 Capitoli rilevanti per gli addetti ai lavori

La seguente Tabella 2 fornisce una panoramica dei capitoli rilevanti per le diverse parti coinvolte nella costruzione.

Chi	Capitolo
Committente	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 parti coinvolte nella costruzione

2 Documenti e concetti

2.1 Documenti applicabili

Le seguenti norme e direttive si applicano come complemento alla presente direttiva. 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]	09/2015 risp. 12/2022	Mondiale / Svizzera
EN 13829 [3]	11/2000	Ritirata da parte della SIA
SIA 180 [1]	07/2014	Svizzera
Regolamento d'uso Minergie [4]	Vedere www.minergie.ch	Svizzera
Regolamento di prodotto Minergie [5]	Vedere www.minergie.ch	Svizzera

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

2.2 Terminologia

Confronto tra le 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 varie norme.

La presente 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], la norma EN 13829 [3] e la 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 (<i>Definizione cfr. EN ISO 9972 [2], 6.1.2</i>)	m ²	A _{inf}	A _E	A _{inf}
Volume interno (<i>Definizione cfr. EN ISO 9972 [2], 6.1.1</i>)	m ³	V	V	V _i
Flusso d'aria, misurato	m ³ /h	q _m	V _m	q v,a,e
Flusso d'aria, rilevato	m ³ /h	q _r	V _r	
Differenza di pressione, misurata	Pa	Δp _m	Δp _m	
Pressione differenziale di riferimento	Pa	Δp _r	Δp _r	Δp _r
Flusso di infiltrazione alla pressione differenziale di riferimento	m ³ /h	q _{pr}	V _{pr}	q _{pr}
Flusso di infiltrazione a 50 Pa	m ³ /h	q ₅₀	V ₅₀	q ₅₀
Tasso di ricambio d'aria alla differenza di pressione di riferimento (→ riferita al volume!)	h ⁻¹	n _{pr}		
Tasso di ricambio d'aria a 50 Pa (riferito al volume!)	h ⁻¹	n ₅₀	n ₅₀	
Permeabilità all'aria alla pressione differenziale di riferimento sull'involucro termico dell'edificio	m ³ /(h·m ²)	q _{Epr}		q _{pr}
Permeabilità all'aria alla differenza di pressione di riferimento di 50 Pa (riferita alla superficie dell'involucro!)	m ³ /(h·m ²)	q _{a50}	q ₅₀	q _{a50} / q _{a50,ii} / t _a

Flusso specifico di infiltrazione riferito alla superficie di base, alla pressione differenziale di riferimento sull'involucro dell'edificio	$m^3/(h \cdot m^2)$	q_{Fpr} risp. q_{F50}	q_{wpr} risp. q_{w50}	
Superficie effettiva di infiltrazione alla pressione differenziale di riferimento	m^2	ELA_{pr}		
Coefficiente di flusso	$m^3/(h \cdot Pa^n)$	C_{env}	C_{env}	
Coefficiente di dispersione	$m^3/(h \cdot Pa^n)$	C_L	C_L	C_L
Esponente di flusso	-	n (esponente)	n (esponente)	n (esponente)
Coefficiente di determinazione / coefficiente di correlazione	-	r^2		
Incertezza totale di misura	%			

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

3 Requisiti Minergie

3.1 Requisiti da rispettare

Secondo il Regolamento di prodotto per gli standard MINERGIE®/MINERGIE-P®/MINERGIE-A® [5] (Capitolo 6) vale quanto segue:

Il **concetto di ermeticità all'aria** è obbligatorio ai sensi della norma SIA 180 [1]. Pertanto, non è più richiesto per la certificazione di edifici conformi allo **standard Minergie base**. Indicazioni utili per l'allestimento del concetto di ermeticità all'aria sono riportate nel capitolo 4.

Per tutti gli **edifici Minergie-P e Minergie-A**, al momento della richiesta deve essere presentato un **concetto di misurazione dell'ermeticità, a meno che tutte le unità o le destinazioni d'uso siano misurate separatamente**. Ulteriori indicazioni sono fornite nel capitolo 5, Concetto per la misurazione dell'ermeticità all'aria.

Negli 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. Tuttavia, anche per gli edifici in standard Minergie base si raccomanda una misurazione preventiva ai fini di garantire la qualità. In alternativa, è possibile eseguire l'individuazione delle infiltrazioni dopo il completamento dell'involucro ermetico dell'edificio. Ulteriori informazioni sono riportate nel capitolo 6, Misurazione dell'ermeticità all'aria.

Panoramica dei concetti e delle misurazioni

	Minergie	Minergie-P	Minergie-A
Concetto di ermeticità all'aria *)	Facoltativo	Facoltativo	Facoltativo
Concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria **)	Consigliato per edifici residenziali e funzionali	Obbligatorio per edifici residenziali e funzionali ***)	Obbligatorio per edifici residenziali e 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] prevede l'allestimento di un concetto di ermeticità all'aria. Questo può essere presentato facoltativamente, ma non viene verificato dal centro di certificazione. Tuttavia, la stesura preliminare del concetto di tenuta all'aria è indispensabile per un'esecuzione corretta dei lavori e costituisce la base per l'elaborazione del concetto di misurazione all'aria (vedere capitolo 5).

*****) Il concetto di misurazione deve essere obbligatoriamente presentato insieme alla richiesta di certificazione provvisoria. Eventuali modifiche sono possibili solo previo accordo con il centro di certificazione, prima dell'inizio della misurazione.**

**) Per il numero di misurazioni necessarie consultare la Tabella 7 (v. NB.2.2.2, norma SIA 180.206;2022 [1]).

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

- Valore medio ottenuto da una misurazione in sovrappressione e una in depressione:
- Secondo la procedura 3 (conforme alla norma SN EN ISO 9972 [2]),
- Come misurazione preventiva (per i motivi indicati al capitolo 6, lett. b) o come misurazione definitiva ad 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 (conformemente alla cfr. 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	≤ 1.2	≤ 0.8	≤ 0.8
Requisiti per ammodernamenti	≤ 1.6	≤ 1.6	≤ 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 misurato arrotondato a 1 cifra decimale (valore medio tra la misura in sovrappressione e quella in depressione).

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

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

La procedura da seguire in caso di mancato rispetto del limite è descritta nel capitolo 6.5.

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 risultati di misurazione buoni non escludono completamente la presenza di infiltrazioni d'aria puntuali non rilevabili o di eventuali difetti nascosti nella costruzione.
- L'ermeticità all'aria può variare 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 SIA 180.206 / SN EN 9972: 2022 [2] è stata ampliata in una seconda edizione (51 pagine) mediante un allegato nazionale, in cui il calcolo dell'incertezza di misura totale è definito alla cfr. 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* .

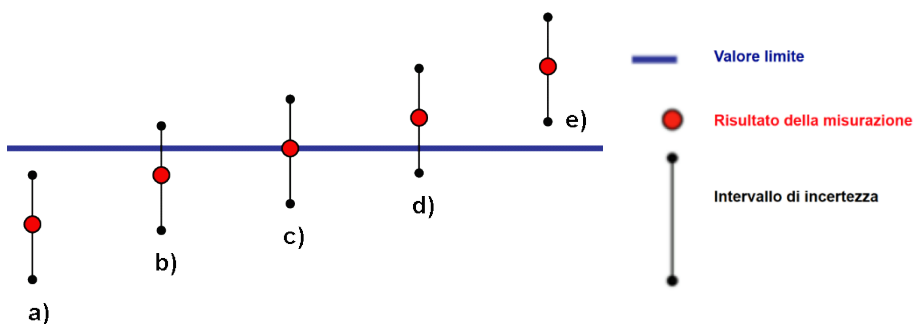


Figura 1: Possibile posizione dei valori misurati e incertezze rispetto al valore limite

Note sull'incertezza di misura:

La norma SN EN ISO 9972 [2] indica al 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 dipende solo dalla strumentazione o dall'incertezza di misura. Anche differenti approcci o procedure nella preparazione dell'edificio (ad esempio nelle sigillature provvisorie) possono causare differenze significative quando più team di misurazione operano sullo stesso edificio. Per questo motivo è importante che la presente direttiva stabilisca degli standard di misurazione dettagliati e uniformi. Indicazioni utili per la riduzione degli errori di misura sono riportate nei capitoli 6.7 e 6.8, risp. nel capitolo 6.5).

3.3 Altri requisiti specifici sui valori limite

a) Disposizioni aggiuntive per gli ammodernamenti

- Edifici residenziali: se, in caso di ammodernamenti, il valore limite di singoli appartamenti non può essere rispettato nonostante l'individuazione delle infiltrazioni e la correzione ragionevole dei difetti (ad esempio da ricondurre a pavimenti e soffitti non ristrutturati e non ermetici), è sufficiente dimostrare il rispetto del valore limite per l'intero edificio. Nella scheda di progetto per la certificazione definitiva verrà aggiunta una nota in cui si dichiara che i requisiti Minergie relativi al singolo appartamento non sono rispettati e che potrebbe verificarsi una riduzione del comfort per quanto riguarda la trasmissione di odori e rumori. Negli edifici le cui unità di utilizzo sono accessibili solo dall'esterno, non è possibile misurare l'involucro dell'edificio su tutte le unità. In questo caso, le unità di utilizzo definite devono essere misurate con una pressione di supporto nella o nelle unità adiacenti. L'involucro termico di ogni unità di utilizzo deve rispettare il valore limite. Inoltre, dovrebbe essere effettuata una misurazione senza pressione di supporto, al fine di individuare le infiltrazioni interne.

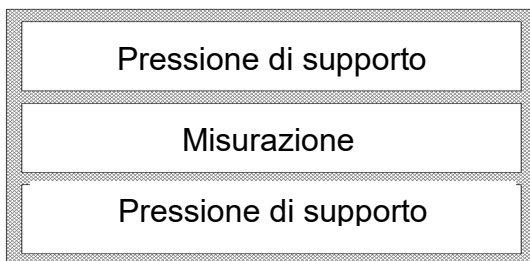


Figura 2: Rappresentazione grafica della misurazione con pressione di supporto

- 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 assimilabili al nuovo (ad es. demolizioni parziali e ricostruzioni interne): deve essere rispettato il valore limite per i nuovi edifici. Il Centro di certificazione può, in casi giustificati e su richiesta scritta, approvare valori limite differenti.

b) Ammodernamenti con ampliamento

In caso di ampliamento di edifici esistenti (sopraelevazione, annessione di una nuova 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. Indicazioni dettagliate sui singoli requisiti sono riportate al capitolo 5.4, lett. a).

c) Cambiamento di destinazione d'uso

In caso di cambiamento di destinazione d'uso, il valore limite dipende dal cambiamento della temperatura interna. Le condizioni e i valori limite da rispettare sono descritti nel capitolo 5.4, lett. b).

d) Edifici funzionali:

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

Se vengono disposte ulteriori possibilità di verifica nell'ambito del controllo della qualità Minergie (vedere capitolo 6.4, lett. b), risp. 6.9, lett. b)), di norma non è possibile fissare valori limite (ad es. nelle registrazioni termografiche).

3.4 Condizioni e competenze per l'individuazione delle infiltrazioni

Prima della misurazione deve essere eseguita un'accurata individuazione delle infiltrazioni. Le infiltrazioni significative riscontrate, nel caso di edifici Minergie-P e -A, devono essere documentate nel rapporto 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, a causa dell'esecuzione riscontrata o di dettagli complessi, è necessaria un'individuazione delle infiltrazioni più approfondita per la correzione dei difetti, i costi per l'intervento devono essere indicati preventivamente nell'offerta e, se necessario e possibile, approvati in loco (vedere il modello per bando di theCH [10]). Per decidere quali difetti devono essere corretti, occorre trovare un equilibrio tra lo sforzo necessario per rimediare al difetto e il danno potenziale, il rischio di una riduzione del comfort o la perdita di energia. Vedere anche: rapporto di ricerca delle infiltrazioni [8].

Per l'individuazione delle infiltrazioni si procede nel seguente modo:

1) Correzione 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 momento successivo

Qualora durante la "misurazione anticipata" (individuazione delle infiltrazioni) si riscontrassero delle infiltrazioni, si dovrà decidere in loco come procedere. In tal caso, si distinguono due situazioni:

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 mirati.

- 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 capitolo 6.5).

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 da cantiere), giunti di tenuta mancanti in qualche punto, ecc...). In questo caso è consentito che il tecnico incaricato della misurazione applichi una sigillatura provvisoria che di regola non sarebbe autorizzata per la misurazione. Tuttavia, tale soluzione è valida solo per le infiltrazioni dove è possibile controllarne visivamente la successiva correzione definitiva. Se in tal modo il valore limite viene raggiunto, non è necessario effettuare ulteriori misurazioni di controllo in ambito Minergie. A tal fine, nel rapporto di misurazione dovrà essere inserita la seguente condizione:

- Le sigillature eseguite in seguito alla misurazione dovranno essere eseguite in modo professionale e durevole dall'impresa esecutrice, previo 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 misurazione dell'ermeticità all'aria può apporre la spunta di controllo nel modulo nel formulario di verifica solo se ha personalmente controllato la correzione del difetto [17].

4) Condizioni senza superamento dei valori limite

Il responsabile della misurazione dell'ermeticità all'aria può imporre la correzione delle infiltrazioni anche se non si riscontra un superamento del valore limite. Ciò avviene in particolare quando, durante l'individuazione, si riscontrano potenziali punti critici che possono arrecare danni alla costruzione o che possono comportare possibili limitazioni del comfort (cfr. "osservazioni" sui valori limite nella tabella 6).

5) Obbligo di misurazioni aggiuntive

Se durante la prima misurazione il valore limite viene superato, questa 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). Tutte le zone di misurazione definite, comprese le eventuali zone aggiuntive, devono soddisfare i requisiti previsti.

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 in tutte le fasi del processo di costruzione. Questo processo inizia con la convenzione di utilizzo con il committente e con la definizione delle zone e della 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 [1]. 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 l'allestimento del concetto è una convenzione 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 > "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], cfr. 3.2

b) Pianificazione della superficie ermetica all'aria nella progettazione esecutiva

La pianificazione 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 il capitolo 8.2, nota 5 della Tabella 12, 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).

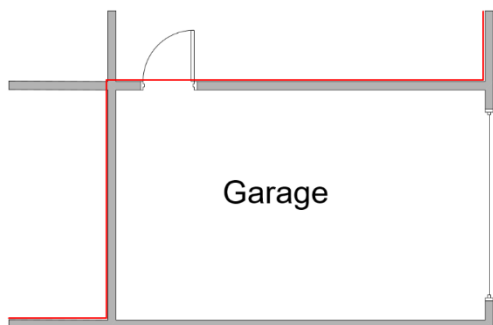


Figura 3: Perimetro dell'involucro d'ermeticità all'aria (linea rossa) tra la zona giorno e il garage nelle case unifamiliari.

Gli appartamenti di un'abitazione PF devono essere ermetici l'uno verso l'altro secondo le regole dell'arte. I dettagli devono essere elaborati conformemente al capitolo 8.2, nota 3 della Tabella 12. Lo stesso vale per i locali con condizioni particolari.

Se un ascensore conduce direttamente all'interno di un'unità abitativa (ad es. un attico), la porta di accesso deve essere realizzata ermetica all'aria.

Nota: entrambe le porte (porta di chiusura del vano ascensore, fornita dal costruttore dell'ascensore, e porta aggiuntiva dell'abitazione, fornita ad esempio dal falegname) non devono essere sigillate provvisoriamente.

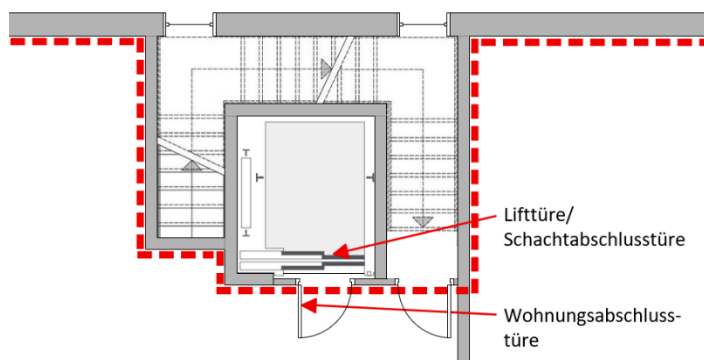


Figura 1: Delimitazione dello strato ermetico all'aria (linea rossa) tra l'unità abitativa e il vano ascensore.

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

Gestione degli elementi costruttivi critici si veda il capitolo 4.4.

Esempio stabile residenziale:



Figura 5: 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

La committenza e i progettisti definiscono, in conformità alla norma SIA 180 [1], quali zone devono soddisfare i requisiti di ermeticità all'aria.

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 o nelle 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... **I piccoli appartamenti / monolocali devono essere misurati singolarmente.**
- 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 [13]).
- 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 [14]).
- 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 (SIA 180 [1]).
- Chiusura ermetica delle pareti divisorie in costruzione leggera **che si collegano al perimetro ermetico all'aria della zona adiacente**
- 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"¹

Gestione degli elementi costruttivi critici vedere capitolo 4.4.

Nel caso di edifici con più piani identici tra loro, il concetto di ermeticità all'aria deve essere definito per un solo piano.

Se negli edifici funzionali non è presente un concetto di ermeticità all'aria, risulta più difficile definire le zone di misurazione.

Esempio edificio funzionale:

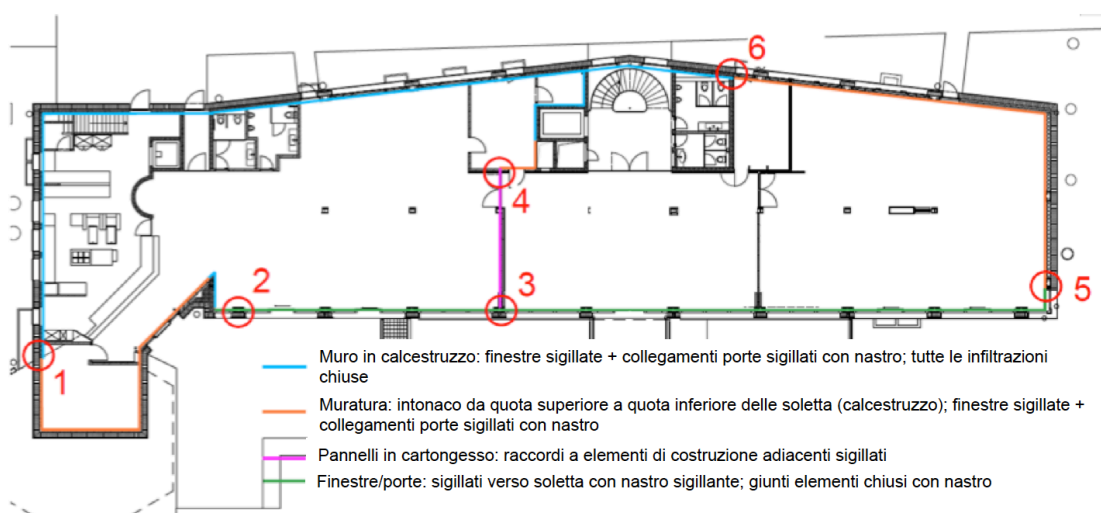


Figura 6: Piano con indicate le misure per l'ermeticità all'aria. (Fonte: planimetria fornita da Flumroc SA)

¹ (vedere norma SIA 180 [1], cfr. 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.

4.4 Gestione degli elementi costruttivi critici

Il termine "elementi costruttivi critici" (in relazione alle infiltrazioni d'aria) si riferisce, secondo la norma SIA 180 [1], cfr. 3.6.1.4 e 3.6.1.5, a quegli elementi costruttivi **per i quali i requisiti di ermeticità all'aria devono essere definiti in modo specifico**. Esistono due possibilità per affrontare questa problematica. O adeguando i valori limite (vedere cfr. 4.4, lett. c) o mediante la sigillatura degli elementi costruttivi critici inevitabili (vedere tabella 8, tabella 9 e tabella 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 riguardo a questa problematica è consigliabile, in seguito alla misurazione regolare (con gli elementi costruttivi critici inevitabili sigillati provvisoriamente), ove possibile, di rimuovere progressivamente le sigillature dei singoli "elementi critici inevitabili" ("adding a hole"). Per ciascun elemento critico deve essere determinato il flusso di perdita mediante misurazione puntuale a una depressione (o sovrappressione) di 50 Pa, calcolando la differenza rispetto al flusso misurato precedentemente. Ciò permette di effettuare dei confronti con i valori disponibili sulle norme degli elementi costruttivi.

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

a) Esempi di elementi costruttivi critici in generale:

- **Porte di chiusura del vano ascensore (vedere Figura 4)**
- 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 [15], si applicano i requisiti secondo il capitolo 4.4, lett. c)

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 [1], cfr. 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 conformi alla norma SN EN 12426 [15] e **le porte scorrevoli automatiche che sono classificate secondo la norma SN EN 12207 [16]** non sono considerate elementi critici inevitabili, ma beneficiano di un adeguamento dei valori limite e non devono essere sigillate durante la misurazione.

- **Per le porte a movimento verticale, il valore limite da rispettare per l'ermeticità all'aria della superficie dell'involucro corrisponde alla classe 3 ($6 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$) in conformità alla norma SN EN 12426 [15].**

- Per le porte a movimento orizzontale che hanno una larghezza superiore a 2.50 m e una superficie superiore a 6,25 m², il valore limite da rispettare per l'ermeticità all'aria della superficie dell'involucro corrisponde alla classe 3 (6 m³/h*m²) in conformità alla norma SN EN 12426 [15].
- Per le porte a movimento orizzontale che hanno una larghezza inferiore a 2.50 m e una superficie inferiore a 6,25 m², il valore limite da rispettare per l'ermeticità all'aria della superficie dell'involucro corrisponde alla classe 2 (12 m³/h*m²) in conformità alla norma SN EN 12426 [15].
- Per le porte scorrevoli automatiche destinate all'affluenza del pubblico, il valore limite da rispettare corrisponde alla classe 2 (12 m³/h*m²) in conformità alla norma SN EN 12207 [16].

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

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

Esempio:

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

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

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

Se nella superficie ermetica all'aria sono presenti elementi costruttivi critici **inevitabili** (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 7).

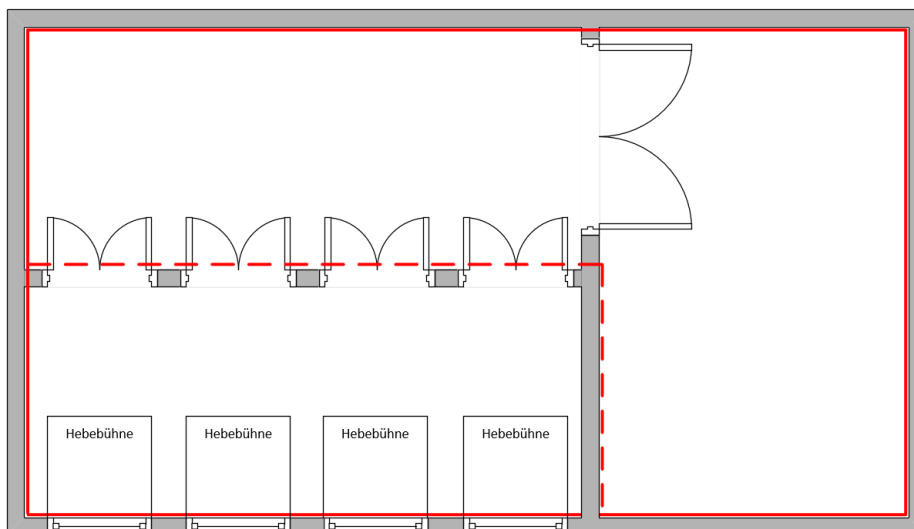


Figura 7: Pianta con perimetro di ermeticità all'aria spostato (linea rossa tratteggiata)

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 raffigurata come nella figura seguente.

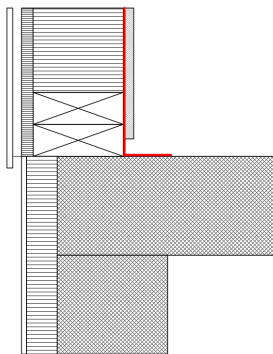


Figura 8: Esempio di un raccordo tra pavimento e parete esterna

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.

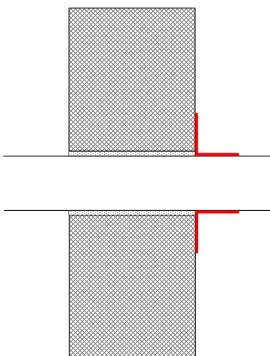


Figura 9: Esempio dell'attraversamento di un tubo

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.

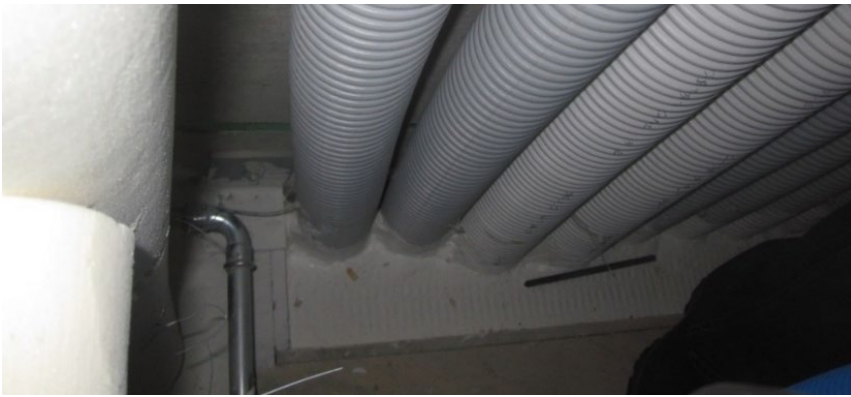


Figura 10: Vano tecnico verticale (Fonte: Hochschule Luzern – Technik & Architektur; Foto: 30.11.2013)

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



Figura 11: Non conforme: fascio di installazioni elettriche (Fonte: Hochschule Luzern – Technik & Architektur; Foto: 30.11.2013)

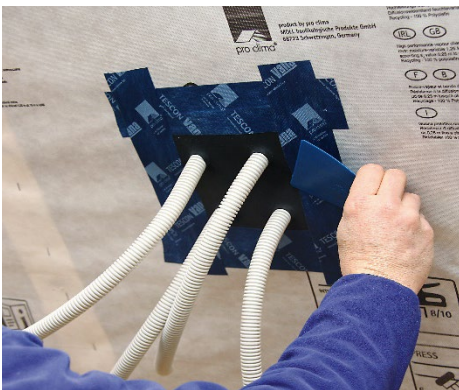


Figura 12: Guaina passa tubo multipla adatta per tubi vuoti (Fonte: pro-clima schweiz GmbH)

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, 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 al concetto di misurazione approvato. Le modifiche sono possibili solo previa consultazione con l'ente di certificazione e fino a quattro settimane prima dell'inizio della misurazione.

Se vengono presentati rapporti di misurazione di edifici senza un concetto di misurazione approvato, questi possono essere rifiutati dal centro di certificazione.

Un edificio può contenere una o più unità di utilizzo (NE) (edifici abitativi o edifici funzionali). All'interno di un'unità di utilizzo NE possono essere presenti una o più destinazioni d'uso (N) (ad es. ristorante, industria, ecc.).

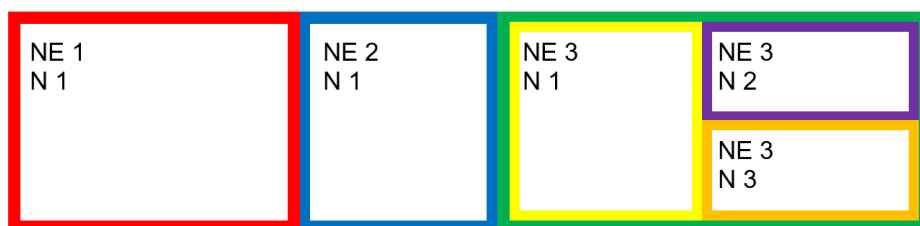


Figura 2: Rappresentazione schematica (pianta) di un edificio con diverse unità di utilizzo (NE 1-3, delimitate in rosso, blu e verde) e destinazioni d'uso (N 1-3, delimitate in giallo, viola e arancione).

5.1 Numero di zone di misurazione negli edifici abitativi e funzionali

Per edifici puramente residenziali o puramente funzionali, il numero di misurazioni deve essere determinato secondo la Tabella 7.

Se un edificio è ad uso misto, ovvero comprende sia una parte residenziale sia una parte funzionali, il numero di misurazioni deve essere applicato separatamente secondo la Tabella 7.

Esempio: 15 unità abitative → da 7 a 10 misurazioni, edificio funzionale con 10 unità di utilizzo → da 6 a 9 misurazioni; totale da 13 a 19 misurazioni.

I criteri di determinazione del numero minimo e massimo di misurazioni richieste devono essere applicati secondo i capitoli 5.2 e 5.3.

Guida per la determinazione del numero di misurazioni negli edifici/complessi residenziali

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

Tabella 1: Intervallo del numero di misurazioni da eseguire. I valori intermedi devono essere interpolati. Nota: i centri di certificazione possono, in casi eccezionali e giustificati, discostarsi dai valori indicati nella Tabella 7.

5.2 Numero di zone di misurazione negli edifici abitativi

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 nelle 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. 4.2). 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 (vedere Figura 3).



Figura 14: 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 (vedere Figura 14) 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 nelle abitazioni PF, nei **complessi residenziali e nelle case monofamiliari a schiera**

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

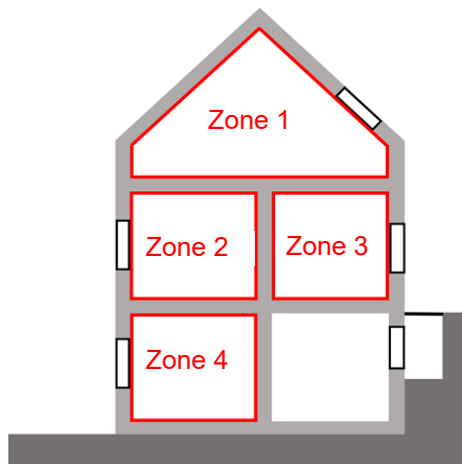


Figura 15: Abitazione PF con 4 unità. Nelle abitazioni PF, ogni unità d'uso (appartamento, sala comune, ecc.) deve essere ermetica verso le altre unità d'uso. Ciò vale anche per le scale, che raramente sono misurate come zona separata

Nel caso di complessi residenziali più grandi **e nelle case monofamiliari a schiera**, 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 misurazioni aggiuntive. Tuttavia, si raccomanda di eseguire dei controlli a campione, specialmente se sono stati rilevati molti punti problematici o di grande entità (vedere capitolo 3.4, cfr. 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 [1]; 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).

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

- Devono essere prese in considerazione **tutte** le tipologie di appartamento **fino al numero massimo richiesto**. (Tipologia di appartamento: numero di locali e/o piani significativamente diversi).
- Devono essere considerate le diverse esposizioni degli appartamenti (piani differenti e orientamenti verso i punti cardinali).
- Devono essere privilegiati gli appartamenti con:
 - o Ampie superfici delle facciate
 - o Ampie superfici verso altre zone di utilizzo (a meno che non siano presenti pavimenti e soffitti in calcestruzzo armato).
- Devono essere prese in considerazione le zone costruite diversamente, con ampie superfici divisorie (pareti, finestre, soffitti, ecc.) **e con dettagli critici**.
- Devono essere privilegiati gli appartamenti in "posizione critica" (attici, 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 applicare le conclusioni alle unità successive).

Da considerare per hotel, case di riposo, ospedali:

- Sono considerate come una zona di misurazione a sé stante (analogamente all'appartamento) quando sono presenti camera, bagno e cucina.
- Le aree/stanze definite come ermetiche separate nel concetto di ermeticità all'aria, devono essere misurate separatamente. Devono essere rispettati anche i requisiti relativi al rumore, all'isolamento acustico e alla protezione antincendio.
- Il numero di misurazioni deve essere definito secondo il capitolo 5.1, Tabella 7.

5.3 Definizione delle zone di misurazione negli edifici funzionali

Il concetto di ermeticità indica quali zone degli edifici funzionali (categorie di edifici da III a XII della norma SIA 380/1, Allegato A [11]) devono essere rese ermetiche l'una contro l'altra.

a) Criteri per la determinazione delle zone di misurazione

- Gli edifici con una sola unità di utilizzo e una sola destinazione d'uso devono essere misurati di regola come un'unica zona (per limitazioni strumentali vedere capitolo 6.2 lett. c).
- Se in un edificio (edificio funzionale) sono presenti più unità di utilizzo separate, il numero di misurazioni deve essere definito secondo il capitolo 5.1, Tabella 7.
- Se all'interno di un'unità di utilizzo sono presenti più destinazioni d'uso (vedere Figura 13: unità di utilizzo NE 3; ad es. ristorante, amministrazione, produzione, ecc.), tali destinazioni devono essere misurate separatamente. Se il proprietario/a dell'unità di utilizzo (è richiesta una conferma scritta) accetta che possano verificarsi eventuali immissioni provenienti dalle diverse destinazioni nell'unità, è possibile rinunciare alla misurazione delle singole destinazioni, previo accordo con il centro di certificazione.
- Per zone con portoni a rullo, porte scorrevoli, portoni a libro, portoni sezionali, ecc., con adeguamento del valore limite, vedere capitolo 4.4 lett. c.
- Per zone con elementi costruttivi critici inevitabili si vedano il capitolo 4.4 e NA 5.3 della SN EN ISO 9972 [2]).
- 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.

Criteri possibili per la determinazione delle zone di misurazione negli edifici funzionali di grandi dimensioni:

- Sezione / ala di edificio
- Superficie di piano intera (ancora senza gli allestimenti interni)
- Singoli compartimenti tagliafuoco (devono essere ermetici all'aria solo previo accordo con l'utente o il committente).
- 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.
- Nella selezione delle parti di facciata occorre considerare:

- Determinazione delle facciate di tipologia diversa, che hanno la maggiore superficie possibile esposta verso l'esterno
 - Situazioni ad angolo e raccordi tra gli elementi costruttivi
 - Nel caso di edifici di grandi dimensioni: eventualmente incapsulare in modo provvisorio le diverse aree della facciata
- scelta degli elementi di facciata occorre tenere presente quanto segue:
- Scelta di diverse strutture di facciata con la massima superficie possibile esposta al clima esterno
 - Angoli e giunti tra gli elementi
 - In caso di edifici di grandi dimensioni: realizzare una eventuale copertura provvisoria di parti di facciata
- Se possibile: eseguire misurazioni di prova su mockup / modelli (a titolo informativo, non costituiscono un risultato di misurazione ufficiale)
- b) Ulteriori possibilità di garanzia della qualità

Nella definizione delle misurazioni, rispettivamente nella redazione del concetto di misurazione, occorre considerare la possibilità di adottare ulteriori provvedimenti (vedere capitolo 6.9) per migliorare la qualità dell'involucro termico dell'edificio. **Questi interventi sono considerati provvedimenti supplementari e non possono sostituire le misurazioni dell'ermeticità all'aria.**

Per gli edifici funzionali è 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.

5.4 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 (vedere Figura 16) risp. la parete divisoria (vedere Figura 17) 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. ≤ 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.

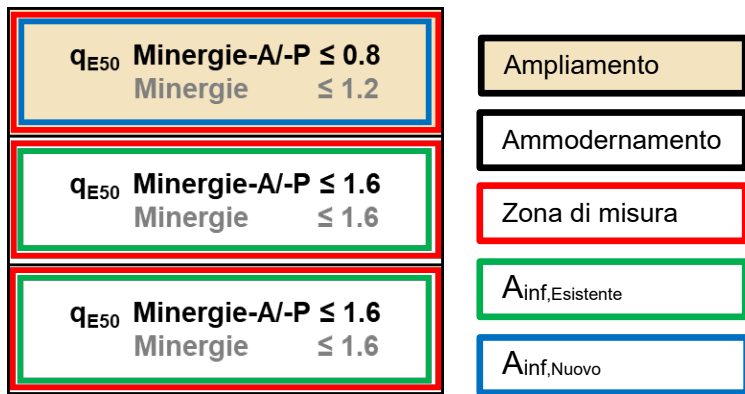


Figura 16: Misurazioni separate per ammodernamento e ampliamento come schizzo di sistema. P. es. sopraelevazione autonoma

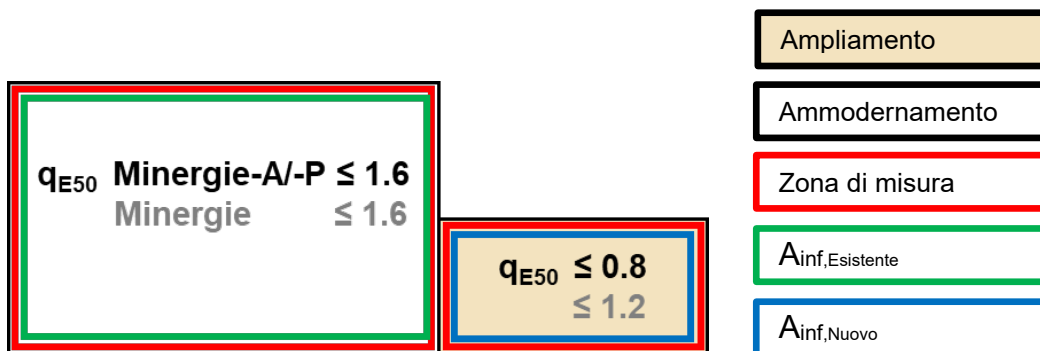


Figura 17: Misurazioni separate per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P.es. costruzione annessa autonoma

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 18; risp. senza parete divisoria, vedere Figura 19), 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:

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

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.

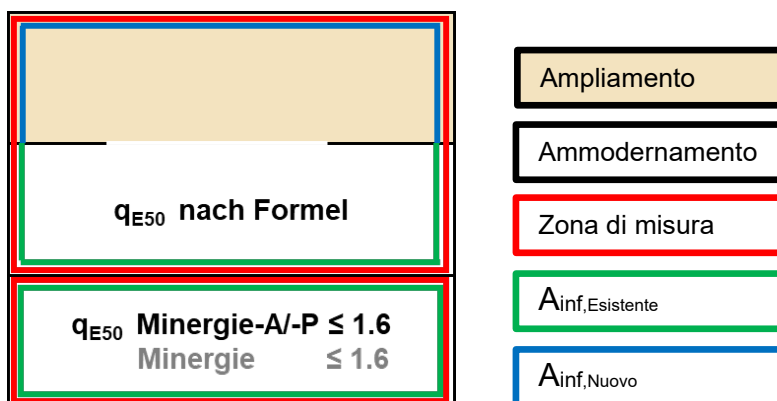


Figura 18: Misura "mista" per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. sopraelevazione aperta direttamente collegata all'edificio esistente (scala aperta)



Figura 19: 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 ≤ 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 [11] sono determinanti ai fini della valutazione.

6 Misurazione dell'ermeticità all'aria

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

Secondo la norma SIA 180 [1], cfr. 3.6.4.2: *“La misura dell'ermeticità all'aria negli edifici nuovi si esegue in genere anticipatamente, 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 tabelle 8, 9 e 10 al capitolo 6.3, rispettivamente nel foglio *“provvedimenti”* del formulario di verifica per la misurazione della permeabilità all'aria [7].

La definizione del valore di riferimento determinante dell'involucro termico per le misurazioni Minergie è la seguente (estratto norma SIA 180.206;2022 [1]; NA.3.3):

“L'area dell'involucro A_{inf} 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 [12]. Confrontare la Figura 20 e la Figura 21.

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.

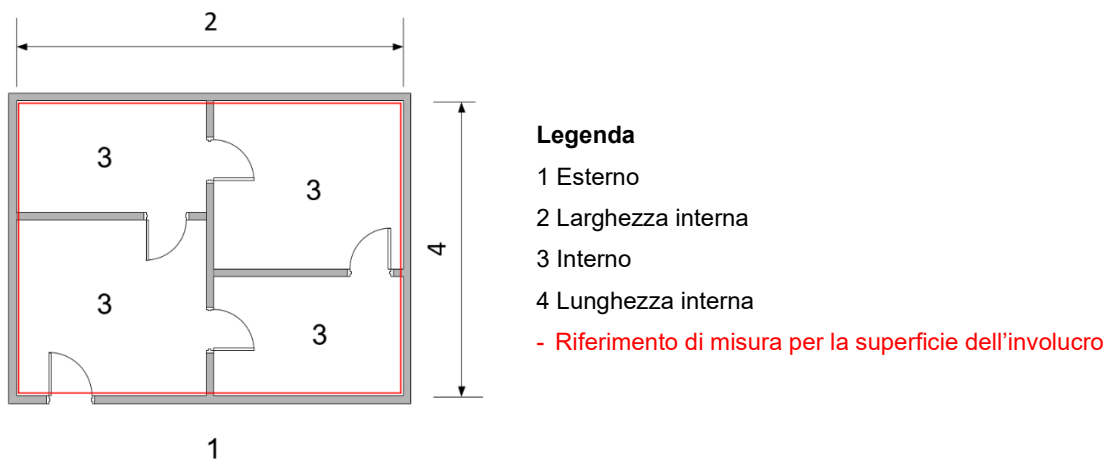
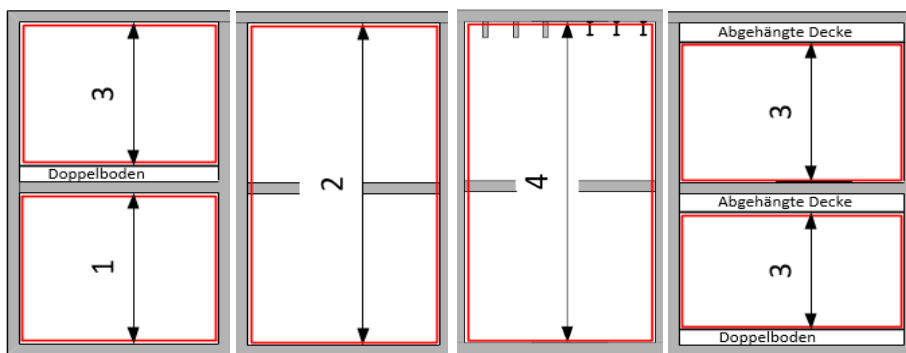


Figura 20: Pianta con rappresentazione delle dimensioni interne totali (fonte: SN EN ISO 9972; 2015 [2])



- 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 21: Sezione con rappresentazione dell'altezza libera del locale

Ai fini del confronto (ad es. rapporto A_{inf}/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 [2] (misurazione della pressione ± 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 ≤ 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 (vedere capitolo 5). La base per la determinazione delle zone di misurazione è il concetto di ermeticità all'aria (vedere capitoli 4 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.

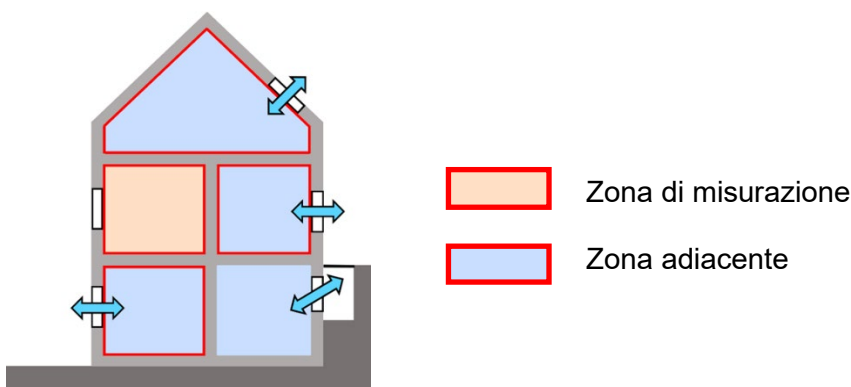


Figura 22: Misurazione di un'unità d'uso (appartamento) in un edificio (abitazione PF). Le finestre degli appartamenti confinanti, della scala e dei locali adiacenti non riscaldati vanno aperte

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.

c) Edifici di grandi dimensioni / Zone di misurazione critiche

Affinché l'edificio o la parte di edificio da misurare si comporti come una singola zona, la disposizione dei dispositivi di trasporto dell'aria e l'apertura delle porte interne devono essere tali da garantire una pressione interna uniforme. Le differenze di pressione all'interno, **conformemente alla SN EN ISO 9972 NA 5.4.1 [2]**, 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 o la parte di edificio possa essere suddiviso in più zone di misurazione di dimensioni inferiori.

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 il controllo 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** (vedere Figura 23) 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.

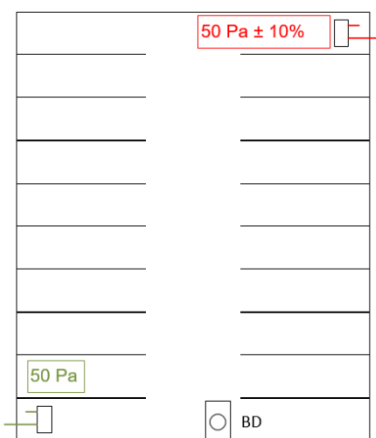


Figura 23: Controllo grafico della differenza di pressione tra interno ed esterno nelle zone critiche. Esempio differenza di pressione dell'edificio di 50 Pa nel luogo di installazione del dispositivo di misurazione

Controllare la distribuzione della pressione **all'interno dell'edificio** (vedere Figura 24):

- 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.

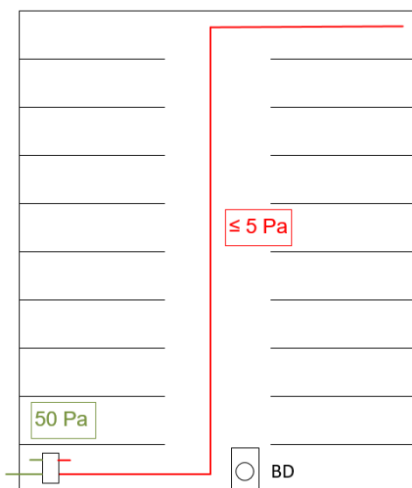


Figura 24: Controllo grafico della differenza di pressione all'interno dell'edificio. Esempio differenza di pressione dell'edificio di 50 Pa nel luogo di installazione del dispositivo di misurazione

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

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 Tabelle 8, 9 e 10 seguenti, **conforme-mente all'Allegato nazionale della SN EN ISO 9927 [2]**.

Le aperture che, secondo il presente paragrafo, devono essere chiuse ma che non dispongono di un dispositivo di chiusura rimangono invariate (ad es. condotto per la biancheria).

Elementi costruttivi, installazioni, aperture, ecc...	Procedura 3
Porte esterne, finestre / porte-finestre / abbaini / porte scorrevoli / lucernari	chiudere
Ingressi destinati al passaggio del pubblico che possono essere classificati seconda norma (porte scorrevoli, portoni a rullo, portoni a libro, portoni sezionali, ecc...)	chiudere ¹⁾
Ingressi destinati al passaggio del pubblico che non possono essere classificati seconda norma, ad esempio porte girevoli.	Sigillare e documentare gli elementi costruttivi critici inevitabili ²⁾
Impianti per l'evacuazione del fumo (RDA)	Sigillare e documentare gli elementi costruttivi critici inevitabili ²⁾
Porte interne e locali adiacenti riscaldati	aprire
Porta ascensore / vano ascensore, dotata di una porta di separazione aggiuntiva tra la zona e il vano l'ascensore *)	chiudere
Porta ascensore / vano negli edifici funzionali	Sigillare e documentare gli elementi costruttivi critici inevitabili ²⁾
Sportelli, botole, porte - verso locali all'interno del perimetro di ermeticità all'aria	aprire
Sportelli, botole, porte - verso locali al di fuori del perimetro di ermeticità all'aria	chiudere
Buchi delle serrature	nessun provvedimento
Porticine per gatti	chiudere
Soffitti ribassati e relative installazioni	nessun provvedimento
Aperture in zone adiacenti verso il clima esterno (porte e finestre)	aprire quanto possibile (vedere NA.5.1.2 b)

*) La porta di separazione anteriore tra la zona di misurazione e l'ascensore fa parte del perimetro ermetico all'aria e deve essere realizzata ermeticamente. La porta dell'ascensore / vano ascensore non può essere sigillata provvisoriamente per la misurazione.

1) Portoni a rullo, portoni sezionali, portoni a libro, etc., classificati secondo la norma SN EN 12426 [15] e le porte scorrevoli automatiche, classificate secondo la norma SN EN 12207 [16], devono rispettare i requisiti secondo il capitolo 4.4, lett. c),

2) Per gli elementi costruttivi critici inevitabili vedere il capitolo 4.4, lett. d). Nota: se necessario, eseguire una misurazione puntuale per quantificare il flusso d'infiltrazione dell'elemento interessato. Queste 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.

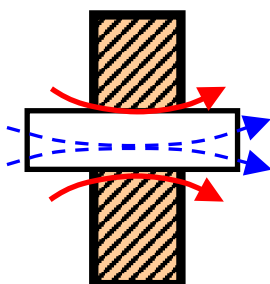
Aprire \triangleq a \triangleq aperto

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

Tabella 8: Preparazione dell'involucro dell'edificio (Tabella NA.2, integrata)

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

In generale per il passaggio di condotte:



rosso: nessuna misura
(= superficie dell'involucro)

blu: chiudere o sigillare

Nota: si veda la tabella 8

Tabella 9: Preparazione delle aperture che non sono destinate alla ventilazione (tabella NA.3 integrata)

Elementi costruttivi, installazioni, aperture, ecc...	Procedura 3
Elementi di ventilazione passiva regolabili manualmente	chiudere
Serrande di ventilazione abbaini / lucernari	chiudere
Apparecchio di ventilazione centralizzato o apparecchi per singoli locali	Sigillare gli apparecchi dove possibile e documentare
Bocchette d'aria di immissione per la ventilazione	chiudere o sigillare e documentare
Bocchette d'aria di aspirazione per la ventilazione	chiudere o sigillare e documentare
Cappa d'aspirazione della cucina (sistema a ricircolo)	nessun provvedimento
Cappa d'aspirazione della cucina (sistema con espulsione)	sigillare e documentare
Ventilatori di espulsione (bagni / docce / WC)	sigillare e documentare
Anmerkung: siehe Tabelle 8	

Tabella 10: Preparazione degli elementi per la ventilazione (Tabelle NA.4, integrata)

Note: dopo la rimozione delle sigillature provvisorie p.es. negli elementi costruttivi critici, stufe, ecc... è possibile, mediante una misurazione puntuale (Δp 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 (vedere capitolo 4.4) e i sistemi di ventilazione (vedere capitolo 6.3, lett. d)) possono essere sigillati provvisoriamente.

c) Piste di ghiaccio

I componenti critici (vedere capitolo 4.4) e i sistemi di ventilazione (vedi capitolo 6.3, lett. d)) possono essere provvisoriamente sigillati.

d) Sigillature provvisorie negli 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 affluiscono all'esterno devono essere sigillati per evitare un grande flusso d'aria attraverso questi sistemi tecnici.

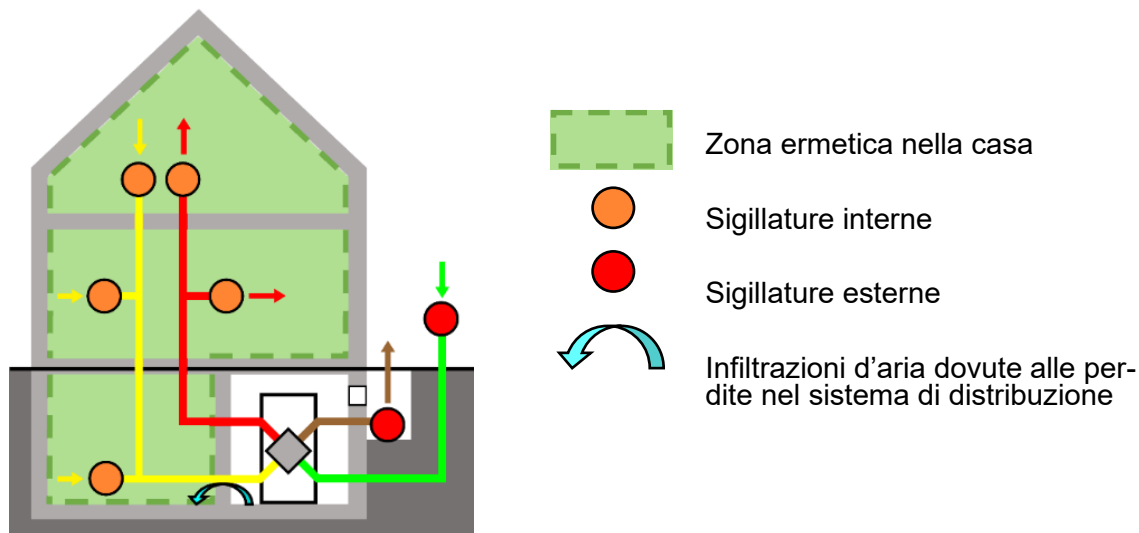


Figura 25: sigillature provvisorie possibili sugli impianti di ventilazione

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 25 + Figura 26).

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.

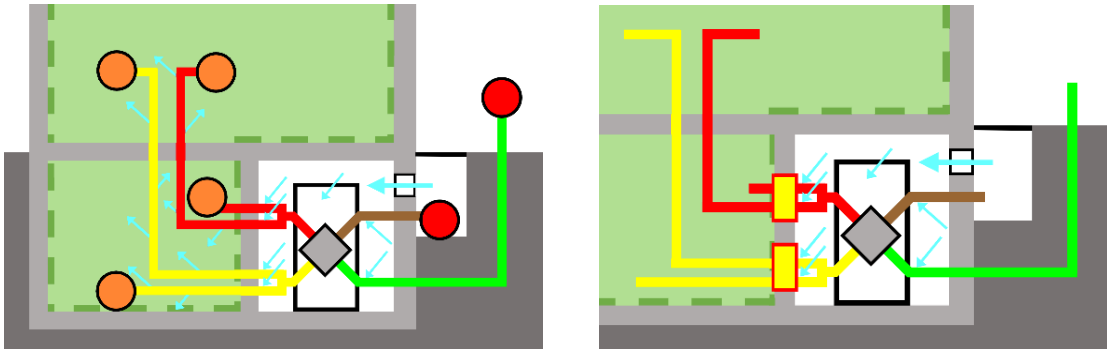


Figura 26: a sinistra: infiltrazioni d'aria (situazione che si verifica durante il rilevamento delle perdite in depressione) causate dai raccordi dei tubi che non sono sigillati ermeticamente. A destra: solo una sigillatura efficace della superficie ermetica all'aria (preferibilmente durante la fase di costruzione) previene le infiltrazioni.

Sigillature nei sistemi di tubazioni che attraversano più zone

I canali di ventilazione che attraversano più zone possono causare cortocircuiti dell'aria. Al fine di evitarli, devono essere effettuate delle sigillature supplementari.

Se la parete divisoria tra le zone costituisce un compartimento antincendio, nel sistema di tubazioni devono di base essere installate anche delle serrande tagliafuoco ermetiche all'aria. Queste serrande possono quindi essere chiuse prima dell'esecuzione delle misurazioni (previo accordo tra il committente e il progettista della ventilazione).

Se non sono presenti serrande tagliafuoco, le singole aperture di immissione e di aspirazione interessate devono essere sigillate (mediante appositi palloncini, pellicole adesive, ecc...). Anche in questo caso occorre prestare attenzione alla tenuta del sistema di tubazioni per quanto riguarda l'infiltrazione dell'aria.

6.4 Metodo di misurazione

a) Individuazione delle infiltrazioni / controllo preliminare

L'individuazione delle infiltrazioni è obbligatoria, poiché è l'unico modo per comprendere dove si trovano i difetti (evitare problemi e danni alla costruzione conformemente alla SIA 180 [1], vedere capitolo 8.2). Le infiltrazioni riscontrate devono essere documentate in modo tracciabile.

La determinazione dell'ermeticità all'aria è una misura *quantitativa*. Il risultato della misurazione non indica dove si trovano le infiltrazioni. Questa informazione può essere ottenuta mediante l'*individuazione qualitativa* delle infiltrazioni.

Controllo 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 un controllo preliminare = "individuazione delle infiltrazioni" sempre nelle seguenti condizioni:

- Pressione di riferimento ca. 50 Pa
- Depressione

Condizioni o metodi diversi da quelli indicati devono essere documentati.

A dipendenza della situazione possono rivelarsi idonei dei livelli di pressione più elevati. Il responsabile della misurazione deve tener conto del fatto che livelli di pressione elevati possono comportare 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.

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

- A mano (eventualmente con il dito bagnato o con il dorso della mano)
- Con termografia a infrarossi (eventualmente con immagini differenziali)
- Con tubi per la misurazione del flusso d'aria
- Con generatori di fumo (tuttavia, i generatori di fumo sono generalmente inadatti per rilevare le infiltrazioni ridotte)
- Con anemometro (misurazione della velocità dell'aria sulla superficie o a una distanza definita)
- Con fili di lana
- Con generatori di fumo per individuare le infiltrazioni non accessibili
- Spray per il rilevamento delle infiltrazioni, per infiltrazioni particolarmente piccole
- E altri...

b) La misurazione anticipata

Una misurazione dell'ermeticità all'aria può essere eseguita 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, Tabella 8, Tabella 9, Tabella 10, risp. il foglio "preparazione" del formulario di verifica per la misurazione dell'ermeticità all'aria [7]).

Nel 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 corrette 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. Per questo motivo, i risultati delle misurazioni anticipate non sono ripetibili. I lavori che influenzano l'ermeticità all'aria, eseguiti successivamente alla misurazione, devono essere monitorati e documentati dalla direzione dei lavori mediante collaudi parziali, prima che non siano più accessibili a causa delle finiture interne.

c) Misurazione di collaudo

Se non è stata effettuata una misurazione anticipata, la misurazione di collaudo deve essere eseguita, se possibile, prima della messa in esercizio (vedere SIA 180 [1]). La procedura è altrimenti identica a quella della misurazione anticipata. Spesso, l'accessibilità alle infiltrazioni (ad esempio nei cavedi) non è più garantita. Pertanto, la loro individuazione e le eventuali correzioni possono essere effettuate solo limitatamente.

6.5 Mancato raggiungimento del valore limite

Se in una unità di utilizzo di un edificio il valore limite non viene rispettato 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 conformi. In un complesso con più edifici, questa regola si applica a ciascun edificio singolarmente.

Il responsabile della misurazione 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.

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.

3) Avvertenze importanti sulle 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))

– Per la gestione degli elementi costruttivi critici inevitabili (vedere capitolo 4.4, lett. d)).

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 ± 3 Pa) o cinque volte il valore della differenza di pressione naturale (Δp_{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 6.2, lett. c).

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].

6.9 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.

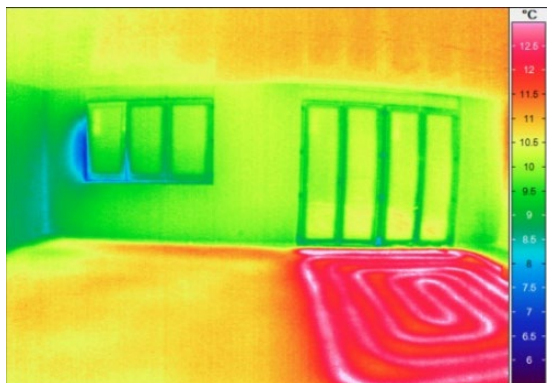


Figura 27: Differenza di temperatura sull'involucro termico dell'edificio: ca. 8 Kelvin, depressione: 50 Pa, da ca. 10 min. Attenzione: la finestra a sinistra è ermetica! La zona blu a fianco è causata dal fatto che la finestra prima era aperta a ribalta (fonte: Christoph Tanner)

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.

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_{inf} (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 [7].
- 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 6.4, lett. a) e [8]). Si raccomanda di integrare nel rapporto le *osservazioni* riportate nella 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. 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 28: 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: $q_{a50,li} / q_{a50,ta}$ equivale a q_{E50} secondo norma SN EN ISO 9972, [2])

	Valore limite		Valore mirato
	Ventilazione naturale	Ventilazione meccanica	in generale
	$q_{a50,li}$	$q_{a50,li}$	$q_{a50,ta}$
	$m^3/(h \cdot m^2)$	$m^3/(h \cdot m^2)$	$m^3/(h \cdot m^2)$
Edifici nuovi	2.4	1.6	0.6
Edifici trasformati, riattati	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 ⁶⁾

Panoramica dei concetti secondo norma SIA 180 [1]

	Norma SN EN ISO 9972 [2]	Norma SIA 180 [1]	Minergie
Concetto di ventilazione ¹⁾	nessuna prescrizione	sì, vedere ¹⁾ SIA cap. 3.2	Sì (base: SIA)
Concetto di ermeticità ²⁾	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 ³⁾ SIA cap. 3.6.1.5 ⁴⁾ SIA cap. 3.6.1.1 ⁵⁾ SIA cap. 3.3.4 ⁶⁾	Sì (base: SIA)
Concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria ⁷⁾	Sì, vedere allegato nazionale NB	nessuna prescrizione	Sì, in caso di obbligo di misurazione e condizioni specifiche ⁷⁾

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 divisorii 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 [16], SN EN 12426 [15], 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, SIA 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.

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 il capitolo 3.1, risp. il capitolo 5).

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 2020.1; <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie-p/>; Documenti di lavoro, Ermeticità all'aria; versione 2020.1 (DOC)
- [7] <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie-p/>; Documento di lavoro, Ermeticità all'aria; versione 2024.2, incl. elenco delle infiltrazioni-sigillature; rispettivamente formulario di verifica per la misura della permeabilità all'aria – più zone, versione 2024.2, incl. elenco delle infiltrazioni-sigillature <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie-p/>; Documenti di lavoro, Ermeticità all'aria; 2024/2
- [8] Forschungsbericht: Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen - Handlungsempfehlung für Baupraktiker (Flieg, AIBAU, IBP); https://www.flib.de/publikationen/12_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] Norma SIA 380/1; Fabbisogno per il riscaldamento energetico; 2016/12
- [12] Norma SIA 380; Basi per il calcolo energetico di edifici; 2022/11
- [13] Requisiti supplementari per piscine coperte, Version 2020.1; <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie/> ; Documenti di lavoro, requisiti supplementari; 2020/01
- [14] Requisiti supplementari per piste su ghiaccio, Version 2020.1; <https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie/> ; Documenti di lavoro, requisiti supplementari; 2020/01

- [15] SN EN 12426; SIA-Norm 343.103; Tore – Luftdurchlässigkeit - Klassifizierung; 2000
- [16] SN EN 12207:2016; SIA-Norm 331.301; Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung, 2016
- [17] 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
- [18] 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
- 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
- Luftdichtheitskonzept Planzeichnung, Version 2018.1; <https://www.thech.ch/de/blower-door/blower-door>;
- Anwendung der erweiterten Blower-Door-Messmethoden (Monika Hall); http://www.uni-kassel.de/fb6/bpy/de/forschung/veroeffentlichungen/Publikationen00/bp6_00.pdf; 2000
- Luftdichtheitskonzept Fragebogen, Version 2018.1; <https://www.thech.ch/de/blower-door/blower-door>