



# TA 1000-0300

Istruzione tecnica

## Requisiti per gas propulsore e combustione



© INNIO Jenbacher GmbH & Co OG  
Achenseestr. 1-3  
A-6200 Jenbach, Austria  
[www.innio.com](http://www.innio.com)



**JENBACHER**  
INNIO



1	Ambito di applicazione .....	2
2	Scopo .....	2
3	Generalità .....	2
4	Tipi di gas .....	2
5	Requisiti e limiti .....	4
5.1	Requisiti e limiti per il gas propulsore .....	4
5.2	Requisiti e limiti per l'aria di combustione .....	5
5.3	Requisiti e limiti per la miscela .....	7
6	Appendice .....	13
6.1	Panoramica requisiti e valori limite per gas propulsore .....	13
6.2	Panoramica di requisiti e limiti per l'aria di combustione .....	13
6.3	Panoramica requisiti e valori limite per miscela .....	13
6.4	Informazioni sull'eliminazione della condensa .....	15
6.5	Check list per dati relativi alla qualità del gas propulsore .....	19
6.6	Composti organici a base di silicio in biogas, gas di digestione e gas di scarica .....	21
6.7	Spiegazione relativa alla miscela .....	22
6.8	Esempi di calcolo .....	23
7	Indice delle revisioni .....	26

**Nota relativa al diritto di autore di INNIO: RISERVATO**

Le informazioni contenute nel documento sono dati protetti e confidenziali di INNIO Jenbacher GmbH & Co OG e delle società affiliate. Tali informazioni sono di proprietà di INNIO e non potranno essere utilizzate, divulgate a terzi o riprodotte se non previa autorizzazione scritta di INNIO. Rientrano in questa disposizione, in via non esaustiva, l'utilizzo di informazioni per la creazione, produzione, lo sviluppo o la definizione di riparazioni, modifiche, ricambi, strutture, modifiche di configurazione oppure la relativa richiesta ad autorità statali. In presenza di un'autorizzazione per la riproduzione totale o parziale, questa indicazione e l'altra dovranno essere riportate in tutto o in parte su tutte le pagine del documento.

**LE VERSIONI STAMPATE O TRASMESSE ELETTRONICAMENTE NON SONO CONTROLLATE****I destinatari del presente documento sono i seguenti:**

Cliente potenziale, cliente, partner commerciali, officine autorizzate, partner IB, filiali/uffici esterni, stabilimento di Jenbach

**NOTA**

**Il rispetto delle condizioni delle presenti istruzioni tecniche nonché lo svolgimento delle attività descritte sono prerequisiti essenziali per il funzionamento sicuro ed economico dell'impianto.**

La mancata osservanza delle condizioni descritte nelle presenti istruzioni tecniche e/o la mancata esecuzione delle attività prescritte o la loro esecuzione con una procedura differente può determinare la perdita del diritto ai reclami di garanzia.

Le attività e le condizioni definite nella presente Istruzione tecnica devono essere eseguite e/o rispettate dall'operatore. Questo non si applica se l'Istruzione tecnica è da attribuire esplicitamente all'ambito di responsabilità di INNIO Jenbacher GmbH & Co OG oppure un accordo contrattuale tra l'operatore e INNIO Jenbacher GmbH & Co OG prevede regole diverse.

## 1 Ambito di applicazione

Le presenti istruzioni tecniche (IT) si applica a tutti i motori Jenbacher destinati all'utilizzo con carburanti gassosi.

## 2 Scopo

Lo scopo della presente istruzione tecnica è indicare i presupposti e i limiti della riciclabilità relativa al gas propulsore dei veicoli a motore. Nello specifico, la composizione del gas, nonché microelementi, oligoelementi, olio, condensa e particelle contenuti nella miscela possono rientrare entro i valori limite e i requisiti definiti. Vengono inoltre descritti i requisiti per l'aria di combustione.

## 3 Generalità

Gli impianti a motore Jenbacher dispongono di una banda ampia per quanto riguarda i carburanti gassosi come il gas propulsore. Contrariamente ai carburanti benzina o diesel, in linea generale i carburanti gassosi non sono sottoposti ad alcuna specifica o classificazione. Tuttavia, il gas propulsore richiede requisiti speciali e valori limite definiti. Tutti i carburanti gassosi utilizzabili per i motori possono essere classificati fondamentalmente nella categoria "Gas propulsori".

Le caratteristiche fisiche e chimiche dei carburanti gassosi possono essere molto diverse; i motori sono vincolati ai requisiti costruttivi e procedurali, ma sono utilizzabili solo entro determinate ampiezze di banda e molto spesso sono estremamente sensibili alle variazioni di tali caratteristiche.

L'impianto motore è perfettamente concepito per la composizione del gas propulsore per il quale è stato venduto e non deve subire modifiche di notevole entità.

Il gas propulsore viene preparato con l'aria di combustione ottenendo una miscela utilizzabile che viene alimentata al motore per la combustione. Durante l'operazione nel motore possono penetrare anche impurità prodotte dall'aria di combustione. Se il gas propulsore o l'aria di combustione non corrispondono ai requisiti possono influire negativamente sul funzionamento del motore. Ciò compromette la sicurezza e il funzionamento dell'impianto.

**L'olio lubrificante può perdere le sue proprietà protettive rispetto alla corrosione a causa di impurità presenti nel gas propulsore e nell'aria di combustione. I risultati di analisi periodiche eseguite sull'olio lubrificante forniscono indicazioni sulla presenza di impurità nella miscela. Al riguardo si rimanda alle seguenti istruzioni tecniche:**

**IT 1000-0099B** - Valori limite per l'olio esausto per motori a gas Jenbacher

**IT 1000-0099C** - Procedimento per l'elaborazione dell'intervallo di cambio olio specifico per l'impianto

**IT 1000-0112** – Prelievo di campioni di olio lubrificante / Verbale di prelievo di campioni di olio lubrificante

**IT 1000-1109** – Olio lubrificante per motori a gas Jenbacher della serie 2, 3, 4 e 6

**IT 1000-1108** – Lubrificanti serie 9

### **ATTENZIONE**



#### **Ambiente, salute e sicurezza**

Il trattamento e l'utilizzo dei gas propulsori nei motori possono determinare un'esposizione a sostanze potenzialmente pericolose o dannose per l'ambiente e la salute. Pertanto, quando si ha a che fare con gas propulsori, sedimentazioni e condense, è opportuno attenersi alle rispettive istruzioni di salute e sicurezza, nonché alle misure precauzionali.

## 4 Tipi di gas

I gas propulsori utilizzati nei motori a gas Jenbacher possono essere suddivisi nelle classi principali riportate di seguito. I motori a gas Jenbacher non sono limitati a quelli inclusi in questo elenco. Per elaborare soluzioni relative ad altri tipi di gas, rivolgersi a Jenbacher.

**Metano**

Il gas naturale si distingue per un elevato contenuto di metano ( $\text{CH}_4$ ) e possiede un'elevata purezza. La concentrazione di metano è compresa tra il 65 e il 100 % vol.

**Gas associato a petrolio estratto**

Questa categoria di gas propulsore si distingue per un contenuto di metano da medio a elevato. La concentrazione di metano può essere compresa tra 35 e 90 % vol. Tra gli altri componenti possono essere presenti azoto ( $\text{N}_2$ ) o anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) ad alte concentrazioni fino a 45% vol. così come una maggiore percentuale di idrocarburi di alta qualità.

**Biogas, gas di purificazione, gas di discarica**

Questi gas propulsori nascono dalla reazione di sostanze organiche fluide o solide a contatto con i microorganismi. Come il gas associato a petrolio, essi si contraddistinguono per il tenore medio-alto di metano e la presenza di componenti come  $\text{N}_2$  e  $\text{CO}_2$ . Tuttavia, dato che hanno origine da sostanze molto eterogenee, bisogna prestare molta attenzione a microelementi e oligoelementi.

**Grisou**

Questi gas, estratti dalle miniere di carbone, sono caratterizzati da notevoli fluttuazioni nel tenore di metano. La concentrazione di metano può essere compresa tra 25 e 95 % vol. Per quanto riguarda gli altri componenti, essa può essere pari a un massimo di 65% vol. per  $\text{N}_2$ , a 15% vol. per  $\text{CO}_2$ , oppure a 15% vol. per l'ossigeno ( $\text{O}_2$ ). Spesso questi gas contengono un particolare carico di polvere, che rende necessaria la pre-separazione.

**Gas derivati da processi di gassificazione termica**

Questi gas si originano dalla gassificazione specifica di biomassa (per es. legno), rifiuti, carbone o altri elementi simili e sono caratterizzati da un elevato contenuto di idrogeno ( $\text{H}_2$ ) e monossido di carbonio ( $\text{CO}$ ). Dato che essi hanno origine da sostanze molto eterogenee, bisogna prestare molta attenzione a microelementi e oligoelementi. Questo tipo di gas è definito anche gas di sintesi.

**Gas di processo**

I gas di processo nascono dall'industria siderurgica e sono noti anche con il nome di "gas dell'acciaio". Essi comprendono i seguenti gruppi principali:

Designazione gas	Componenti principali	Origine
Gas di cokeria	$\text{H}_2/\text{CH}_4/\text{N}_2/\text{CO}$	Processo di cokeria
Gas da altoforno	$\text{N}_2/\text{CO}/\text{CO}_2/\text{H}_2$	Gas da processi di produzione acciaio
Gas convertito	$\text{CO}/\text{N}_2/\text{CO}_2/\text{H}_2$	Gas da processi di produzione acciaio, per es. gas LD (processo Linz-Donawitz)

**Gas liquido, gas propano**

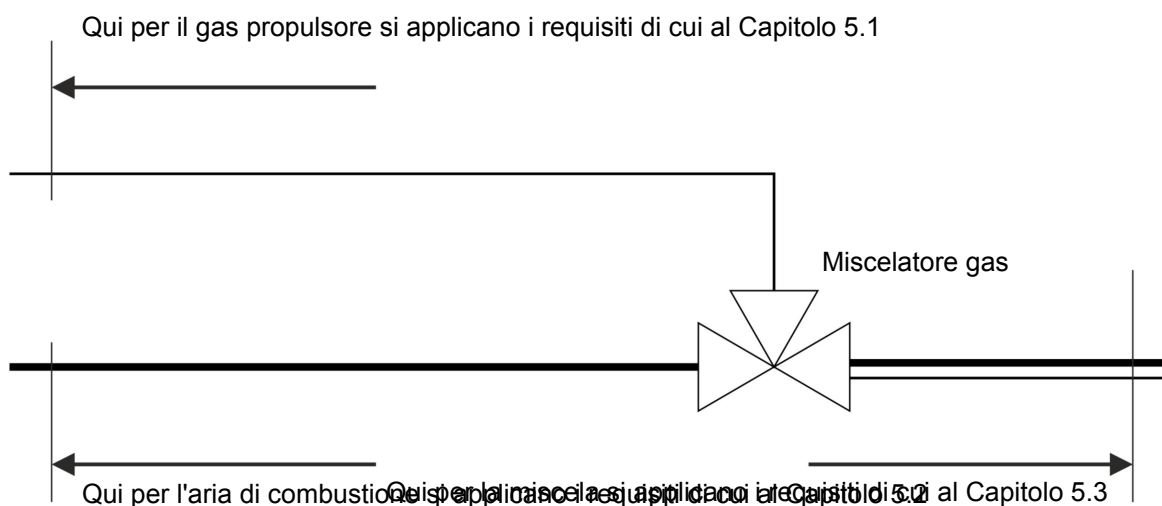
I gas liquidi si trovano allo stato liquido durante il trasporto e il magazzinaggio. Vengono vaporizzati prima dell'uso.

Il gas naturale liquefatto (LNG) è composto in origine da gas naturale che viene raffreddato a  $-161^\circ\text{C}$  per la liquefazione. Durante la vaporizzazione si possono tuttavia verificare "frazionamenti" con scostamenti e variazioni nella composizione quali, ad esempio, una concentrazione di idrocarburi con catena più lunga.

Il gas propano si presenta già allo stato liquido con pressioni relativamente basse a temperatura normale. Il componente principale è il propano ( $C_3H_8$ ) e presenta una concentrazione da 60 a 100% vol.. Gli altri componenti ad alta concentrazione possono comprendere butano ( $C_4H_{10}$ ) con 10% vol., etano ( $C_2H_6$ ) con 20% vol. o metano con 40% vol.. Il propano HD5 contiene oltre il 90% di propano e meno del 5% di propilene ( $C_3H_6$ ) così come meno del 5% di altri idrocarburi.

## 5 Requisiti e limiti

Per gli impianti a motore Jenbacher valgono i requisiti tecnici e limiti per il gas propulsore e l'aria di combustione riportati nella presente istruzione tecnica. In questo modo si garantisce che la miscela alimentata al motore corrisponda ai requisiti dello stesso e non lo danneggi. In linea di principio si deve evitare qualsiasi immissione di sostanze indesiderate nel motore. La seguente rappresentazione illustra il rapporto tra i requisiti per gas propulsore, aria di combustione e miscela.



### 5.1 Requisiti e limiti per il gas propulsore

Per garantire un funzionamento ineccepibile del motore e i relativi intervalli di manutenzione, è necessario che sull'interfaccia Jenbacher siano mantenute costantemente le condizioni per il gas propulsore specificate di seguito. L'allegato contiene una panoramica di requisiti e limiti nonché i requisiti aggiuntivi.

Jenbacher non riconosce reclami di garanzia connessi a problemi causati dal superamento di uno o più valori limite di queste istruzioni tecniche.

#### Caratteristiche fisiche, componenti principali e requisiti termodinamici del gas propulsore

I componenti principali determinano le caratteristiche del gas propulsore fondamentali per il funzionamento fisico del motore (per es. indice calorifico, rapporto aria di combustione, temperatura di combustione, velocità laminare di fiamma, limiti di accensione, resistenza al battito). Generalmente, vengono indicati in % vol. e devono essere ricercati tramite un'analisi completa del gas (vedere allegato: Check list per dati relativi alla qualità del gas propulsore).

Nelle schede tecniche, oltre ad una serie di condizioni quadro applicabili per la scheda tecnica, è indicato anche il tipo di gas propulsore.

Nei casi in cui il gas propulsore disponibile non corrisponde ai requisiti del pacchetto prodotto standard, è possibile individuare una soluzione specifica (personalizzata per il cliente) sulla base delle possibilità tecniche ed economiche nell'ambito di una omologazione speciale.

Per alcuni tipi di gas la composizione normalmente può variare in modo considerevole. Nel funzionamento Leanox-regolato (sotto carico) del motore, queste oscillazioni possono essere compensate ampiamente dalla gestione del motore. Per assicurare un buon avviamento è tuttavia necessario disporre di determinate ampiezze di oscillazione e fornire alla gestione del motore informazioni adeguatamente valutabili (ad es. indice calorifico, tenore di  $\text{CH}_4$ ) in relazione alla qualità effettiva del gas.

Il punto di riferimento è dato dalle condizioni normali per temperatura e pressione a una temperatura di 273,15 K e una pressione di 101,325 kPa.

### Caratteristiche fisiche, componenti principali e requisiti termodinamici

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Pressione del gas	Variazione	$\leq 10$	mbar/s	
Temperatura gas	Min.	10	°C	Temperature più alte da verificare caso per caso!
	Max.	40	°C	
Umidità relativa del gas	max.	80	% rel.	Deve essere garantita a qualsiasi temperatura e pressione di alimentazione! <sup>1)</sup>
	Max	50	% rel.	Con l'utilizzo di un sistema a carboni attivi Jenbacher all'entrata del filtro ai carboni attivi. Temperature più alte da verificare caso per caso!
Potere calorifico inferiore	Variazione	$\leq 4$	%/min	Potere calorifico inferiore in $\text{KJ/Nm}^3$
Numero metanico	Velocità di variazione	$\leq 10$	MZ/min	Secondo il metodo di calcolo standard (AVL)
Idrogeno $\text{H}_2$	Velocità di variazione	$\leq 4$	% vol./min	Soprattutto con i gas di processo
Infiammabilità		Il gas non deve essere infiammabile. Prestare attenzione alle normative e ai valori limite!		

<sup>1)</sup> Se si utilizza un apposito compressore per il sistema del gas precamera oppure si procede con l'installazione nei Paesi della fascia tropicale, attenersi ai valori limite riportati al capitolo 5.3.

## 5.2 Requisiti e limiti per l'aria di combustione

L'aria di combustione di impianti a motore di Jenbacher viene solitamente aspirata dall'ambiente nelle immediate vicinanze dell'impianto. L'aria ambiente è composta allo stato secco dai seguenti componenti gassosi:

Componente	Volume in %
Azoto $\text{N}_2$	78,08
Ossigeno $\text{O}_2$	20,95
Argon Ar	0,93
Anidride carbonica $\text{CO}_2$	0,04



Il punto di riferimento è dato dalle condizioni normali per temperatura e pressione a una temperatura di 273,15 K e una pressione di 101,325 kPa.

Inoltre, l'aria di combustione contiene i cosiddetti gas residui quali neon, elio e krypton.

L'aria contiene sempre anche una parte di vapore acqueo. Questa dipende notevolmente dalle condizioni ambientali e penetra nel motore.

In base alla percentuale di acqua nell'aria di combustione si dovranno osservare le seguenti misure:

**Percentuale di acqua in gH<sub>2</sub>O/  
kgAria**      **Conseguenza**

≤ 15	Nessuna formazione di condensa e quindi nessun effetto prevedibile sul funzionamento del motore
> 15	Controllare lo schema di riduzione

Per l'aria di combustione valgono i seguenti requisiti e limiti:

**Requisiti e limiti per l'aria di combustione**

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Temperatura				Vedere IT 1100-0110
Particelle Contenuto di particelle totale		≤ 0,1	mg/Nm <sup>3</sup>	Serie 2 - 6: Classe di purezza G3 secondo EN779:  J920: Classe di purezza M6 secondo EN779 (ex F6)  Il sistema è protetto dalle particelle da un filtro posto sull'ingresso dell'aria di combustione. Il valore riportato vale come base per la progettazione del filtro dell'aria <sup>1)</sup>
Componenti altamente infiammabili				I valori limite di sicurezza non possono essere superati. Qualora l'aria di combustione non fosse priva di componenti altamente infiammabili, concordare l'idoneità con Jenbacher
Componenti che formano acidi e basi				Non devono penetrare nel motore

<sup>1)</sup> Se la durata di funzionamento del filtro riportata nel piano di manutenzione non viene raggiunta, ovvero le durate di funzionamento del filtro non risultano accettabili, il cliente è tenuto ad adottare le misure necessarie per porre rimedio alle condizioni verificatesi.

Qualora l'aria ambiente contenga sostanze estranee (ad esempio, composti solforosi, vapori di olio, componenti gassosi estranei ecc.), verificarne l'idoneità.

In prossimità dell'aspirazione dell'aria di combustione osservare che questa non subisca gli effetti del microclima come, ad esempio, zone caldo-umide nel caso di applicazioni in serra. Parimenti è necessario verificare che le emissioni dalle diverse fonti quali, ad esempio, aria di scarico industriale, emissioni di processi biogeni o solventi non possano penetrare nel motore con l'aria aspirata e quindi non abbiano alcun effetto sul funzionamento del motore. Gli impianti a motore Jenbacher richiedono uno speciale sistema di aria di aspirazione che, oltre ad ulteriori condizioni marginali, è rappresentato nella seguente istruzione tecnica:

- IT 1100-0110: Condizioni limite dei motori a gas GE Jenbacher



**⚠ ATTENZIONE****Effetto aspirante**

All'arresto del motore osservare che, in base alla versione del tratto di aspirazione e all'effetto aspirante del camino, l'aria viene continuamente aspirata attraverso il motore. Per questo il motore è esposto all'aria ambiente anche quando è fermo e può danneggiarsi a causa della scarsa quantità dell'aria.

**5.3 Requisiti e limiti per la miscela**

Gli impianti a motore Jenbacher devono essere protetti dalla penetrazione di sostanze indesiderate nella miscela tramite il gas propulsore e l'aria di combustione.

**Valori limite per microelementi, oligoelementi e olio, condensa e particelle**

I microelementi od oligoelementi arrivano nel flusso della sostanza prevalentemente durante il processo di formazione del gas, ma possono provenire anche dall'aria ambiente. Normalmente si presentano come impurità nell'ordine di ppm. Gli effetti di microelementi od oligoelementi si iniziano ad osservare di solito solo dopo un certo periodo di funzionamento del motore (effetto cumulativo). Lo stesso vale per olio, condensa e particelle. Poiché questi effetti sono sostanzialmente negativi, i gas propulsori ed anche l'aria ambiente devono essere possibilmente privi di microelementi od oligoelementi. In presenza nel gas propulsore di frazioni di oligoelementi molto elevate, il metodo migliore per garantire un utilizzo economico del gas propulsore è quello di provvedere ad una idonea purificazione dello stesso.

Per valutare l'idoneità di un gas propulsore per l'utilizzo sul motore, è necessario disporre di un'analisi del gas completa. Come indicato dall'esperienza sul campo, i risultati stessi possono differenziarsi in maniera notevole in condizioni di impiego simili. Pertanto, l'effetto dei microelementi può essere previsto solo entro determinati limiti, poiché spesso sono presenti interazioni incrociate e complesse di molteplici fattori di influenza. L'effetto dei microelementi è essenzialmente proporzionale alla quantità addotta al motore durante il tempo di funzionamento. In un gas propulsore con indice calorifico elevato, il flusso di gas diretto al motore è inferiore rispetto a quello di un gas con indice calorifico inferiore. Ne consegue che l'apporto di microelementi al motore, e quindi l'effetto per uguale concentrazione di microelementi del gas propulsore, è diverso. Per poter confrontare gas diversi, i valori relativi alla concentrazione di microelementi devono essere messi in relazione ad un determinato contenuto energetico del carburante (la potenza carburante per la produzione di una determinata potenza del motore è molto simile per tutti i tipi di gas).

Jenbacher ha scelto a tale scopo il contenuto energetico di 1 metro cubo normalizzato di metano: 10 kWh (arrotondato).

La quantità d'aria di combustione necessaria dipende inoltre dal gas propulsore e dall'indice calorifico. Da ciò risulta un rapporto di miscelazione tra gas propulsore e aria di combustione specifico per i tipi di gas; tale rapporto si ricava dall'allegato.

I microelementi od oligoelementi, non limitati o specificati in queste IT, possono modificare le caratteristiche del gas. Se il gas contiene tali microelementi od oligoelementi, Jenbacher non si assume alcuna responsabilità né per la riduzione di potenza e rendimento, né per la diminuzione di disponibilità o per l'insorgere di eventuali danni. In questo caso, Jenbacher declina qualsiasi obbligo di garanzia.

**Valori limite per microelementi ed oligoelementi <sup>1)</sup>**

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Somma zolfo	S	≤ 700	mg/10kWh	Fare attenzione all'influsso sulla durata utile dell'olio <sup>2)</sup>
		≤ 1200	mg/10kWh	Con garanzia limitata <sup>3)</sup>
Composti alogeni	Somma Cl + 2 * F	≤ 100	mg/10kWh	Fare attenzione al funzionamento a carico parziale <sup>4)</sup>

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
		$\leq 400$	mg/10kWh	Con garanzia limitata <sup>3)</sup>
Ammoniaca	NH <sub>3</sub>	$\leq 50$	mg/10kWh	Valori di NH <sub>3</sub> più elevati nel gas propulsore possono causare il superamento dei valori di NOx indicati nelle specifiche per i gas di scarico del motore.
VOSC come silicio totale	Somma silicio, Si <sub>BG</sub> (valore limite di funzionamento del silicio)	$\leq 0,02$		Indice di funzionamento del silicio Si da determinare con precisione durante l'analisi dell'olio <sub>B</sub> <sup>5)</sup>
Componenti estremamente infiammabili	Acetilene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	$\leq 0,02$	Vol %	Queste sostanze possono causare fenomeni di autocombustione incontrollati nel sistema!
	Solfuro di carbonile (COS)	$\leq 0,02$	Vol %	

<sup>1)</sup> Se si utilizzano sistemi di trattamento del gas propulsore o del gas di scarico di Jenbacher, motori con sistema del gas precamera oppure si procede con l'installazione nei paesi della fascia tropicale, attenersi ai valori limite riportati nei seguenti capitoli.

<sup>2)</sup> Già a partire da un tenore totale di zolfo di circa 50 mg/10 kWh, così come da un tenore totale di alogeno di circa 20 mg/10 kWh, si verifica una notevole riduzione della durata utile dell'olio (vedere IT n° 1000-0099 B e C). Se si usano impianti di desolforizzazione è necessario osservare che, se sono presenti difetti, nel motore arrivano concentrazioni di zolfo molto elevate che possono causare danni in breve tempo.

In questa categoria rientrano anche l'acido fluoridrico (HF) e l'acido cloridrico (HCl). Vedere al riguardo l'esempio di calcolo per gas convertito in allegato.

<sup>3)</sup> Volendo accettare una compromissione della durata dei componenti del motore o dell'impianto che vengono a contatto con il gas propulsore, l'olio motore o il gas di scarico, nonché un dispendio relativamente maggiore nella manutenzione, i limiti possono essere aumentati. Per ottenere una durata minima utile sufficientemente lunga dell'olio (circa 500 ore), è necessario prevedere un serbatoio ausiliario per l'olio lubrificante di dimensioni idonee. La progettazione è a cura di Jenbacher.

<sup>4)</sup> Negli impianti con recupero del calore residuo si deve notare che nella caldaia di recupero del calore non si può scendere al di sotto del punto di rugiada acido, tenendo conto anche del funzionamento a carico parziale.

<sup>5)</sup> Se si utilizza un gas propulsore con tracce di composti di silicio volatili ossidabili, non è possibile indicare il valore limite del gas propulsore per via delle forti oscillazioni e delle difficoltà legate all'analisi. Come misura per la quantità di silicio in entrata al motore si utilizza il parametro di funzionamento Si<sub>B</sub>, che viene determinato in seguito a due analisi dell'olio. Esso non deve superare la soglia di operatività Si<sub>BG</sub>. Il calcolo viene descritto in allegato.

#### Valori limite per olio, condensa e particelle

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Particelle				Il sistema è protetto da particelle di polvere da un filtro posto sulla rampa di regolazione gas. Questo filtro nel tratto di regolazione gas non serve come filtro di lavoro <sup>6)</sup>

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Tenore olio complessivo		$\leq 0,2$	mg/10kWh	
Catrame	CxHyRz	Assenza di catrame nel tratto di aspirazione		Per i gas contenenti catrame (soprattutto gas di legno), il tratto di regolazione del gas deve essere posato in traccia con cavi elettroriscaldanti dotati di isolamento termico! <sup>7)</sup>
Condensa o sublimato		Assenza di condensa e assenza di sublimazione di acqua o catrami nei componenti a contatto con gas o miscela. <sup>8)</sup>		

<sup>6)</sup> Se la durata di funzionamento del filtro riportata nel piano di manutenzione non viene raggiunta, ovvero le durate di funzionamento del filtro non risultano accettabili, oppure la funzione del tratto di regolazione gas risulta compromessa, il cliente è tenuto ad adottare le misure necessarie per porre rimedio alle condizioni verificatesi.

Se si rende necessario un filtro, questo deve avere un grado di separazione almeno del 99,99% per particelle di diametro maggiore di 3 µm.

<sup>7)</sup> In gas o miscele in cui con il raffreddamento al di sotto del punto di rugiada si ottengono prodotti solidi, liquidi o altamente viscosi, i prodotti derivanti dalla condensazione o dalla sublimazione sono designati come catrame. Riguarda tutti gli idrocarburi (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>R<sub>z</sub>) a partire da 6 atomi di carbonio e una massa molare (M) ≥ benzolo (78,11 g/mol) con ogni possibile gruppo di sostituzione (R<sub>z</sub>).

Durante la fase di condensazione, i catrami causano problemi nel tratto di aspirazione lato gas o miscela.

Quando i catrami nei componenti a contatto con il gas o la miscela condensano o sublimano, si va incontro, tra l'altro, ai problemi seguenti:

- bloccaggio del materiale di raccordo (filtri, regolatori di pressione, elettrovalvole, ecc.) nel tratto di regolazione del gas
- bloccaggio del miscelatore gas e della ruota del compressore del turbocompressore di scarico gas
- bloccaggio del refrigeratore della miscela

Quando si mescolano gas contenenti catrame con aria di combustione fredda, la temperatura di miscela non deve scendere al di sotto del punto di rugiada. In questo caso, il punto di rugiada del gas propulsore deve essere congruamente più basso, per evitare la formazione di condensa e/o sublimato nei componenti a contatto con gas o miscela.

## ⚠ ATTENZIONE



### Catrame condensato e/o sublimato

Catrami condensati e/o sublimati possono causare la riduzione della durata dei componenti e l'aumento dei costi di manutenzione, nonché la compromissione del funzionamento del motore e della sicurezza del tratto di regolazione del gas!

<sup>8)</sup> La presenza di condensa o sublimato nella zona della miscela gas/aria (miscelatore gas) può essere causata in parte anche da aria di combustione troppo fredda. In questo caso un rimedio utile può essere eventualmente eseguire un preriscaldamento dell'aria di combustione in loco per mezzo della ricircolazione della ventilazione ambiente!

La quantità di sostanza assoluta in entrata nel motore è decisiva ai fini della valutazione dei microelementi. I valori limite sono validi a condizione che l'aria di combustione sia priva di oligoelementi.

Volendo accettare una compromissione della durata dei componenti del motore o dell'impianto che vengono a contatto con il gas propulsore, l'olio motore o il gas di scarico, nonché un dispendio relativamente maggiore nella manutenzione, i limiti possono essere aumentati in accordo con Jenbacher.

Inoltre, si possono adottare ulteriori misure, tra cui la progettazione e la collocazione di un serbatoio ausiliario per l'olio lubrificante idoneo da parte di Jenbacher, al fine di prolungare la durata minima utile dell'olio.

### Ulteriori requisiti per l'utilizzo dei sistemi di trattamento del gas propulsore o del gas di scarico di Jenbacher

Jenbacher propone sistemi di trattamento del gas propulsore e del gas di scarico sviluppati e concepiti per gli impianti a motore in diverse versioni. Nel caso di impianti a motore in cui viene utilizzato un sistema di trattamento di questo tipo, per l'intero impianto valgono i requisiti supplementari riportati nella seguente tabella.

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Somma zolfo	S	$\leq 500$	mg/10kWh	Quando si utilizza il sistema a carbone attivo Jenbacher
		$\leq 200$	mg/10kWh	Quando si utilizza il catalizzatore CO Jenbacher <sup>9)</sup>
		$\leq 20$	mg/10kWh	Quando si utilizza il catalizzatore di formaldeide Jenbacher <sup>9)</sup>
Composti alogeni	Somma Cl + 2 * F	$\leq 200$	mg/10kWh	Quando si utilizza il sistema a carbone attivo Jenbacher
		$\leq 200$	mg/10kWh	Quando si utilizza il sistema Jenbacher CIAir
		$\leq 20$	mg/10kWh	Con l'utilizzo del catalizzatore CO di Jenbacher o del catalizzatore per formaldeide di Jenbacher
VOSC come silicio totale	Somma silicio, Si <sub>BG</sub>	$\leq 0,0005$		Con l'utilizzo del catalizzatore CO di Jenbacher o del catalizzatore per formaldeide di Jenbacher
Somma microelementi con uso di catalizzatore	I metalli e metalli pesanti indicati come esempio hanno un effetto disattivante sul catalizzatore. La durata utile si riduce quindi in modo corrispondente.			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zolfo, fosforo, piombo, mercurio, arsenico, antimonio, zinco, rame, stagno, ferro, nichel, cromo, ecc.</li> <li>▪ La garanzia decade se la quantità totale di questi elementi supera i 350g/Nm<sup>3</sup> del nido d'ape del catalizzatore. La prova si esegue tramite analisi quantitativa di un campione di usato. Il gas di scarico deve essere comunque privo di composti con silicio, ad esempio silossani.</li> </ul>			

<sup>9)</sup> Nel catalizzatore, il SO<sub>2</sub> viene convertito in SO<sub>3</sub>. Con la condensa si forma acido solforoso o acido solforico. Pertanto, per caldaia a recupero di calore, catalizzatore e sistema di scarico gas la garanzia per danni viene limitata per temperature all'uscita gas di scarico < 180 °C.

### Ulteriori requisiti per i motori con sistema del gas precamera

Per i motori con un sistema del gas precamera valgono i seguenti valori limite aggiuntivi per il gas propulsore.

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Somma zolfo	S	$\leq 200$	mg/10kWh	

I motori dotati di un sistema del gas precamera necessitano di un maggior livello di pressione del gas propulsore. Le variazioni del livello di pressione possono causare la condensazione o la sublimazione dei microelementi nel gas propulsore. Se il livello di pressione aumenta per mezzo di un compressore, occorre attenersi ai seguenti requisiti aggiuntivi.

**Ulteriori requisiti per il gas propulsore in caso di utilizzo di un apposito compressore per il sistema del gas precamera**

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Temperatura del gas all'ingresso del compressore del gas precamera	Min.	10	°C	Temperature più alte da verificare caso per caso! Se la temperatura della sala macchine è inferiore a 30°C, è possibile isolare e riscaldare elettricamente il tratto di regolazione del gas complessivo al fine di evitare condensazione e sublimazione.
	Max.	40	°C	
Umidità relativa del gas all'entrata del compressore gas precamera	max.	15	% rel.	La condensa nel tratto del gas non deve mai raggiungere la valvola del gas precamera!

**Requisiti aggiuntivi per il gas propulsore per applicazioni con gas da carbone nella fascia tropicale**

Nella cosiddetta fascia tropicale, compresa tra 30° di latitudine nord e 30° di latitudine sud, esistono requisiti speciali relativi all'impiego di gas da carbone. Quest'area comprende, per esempio, America centrale (compreso Messico), America del sud (eccetto Uruguay, Argentina e Cile), Africa, Penisola Araba (compreso Israele), Subcontinente indiano (Pakistan, Bangladesh, India, Sri Lanka), tutta l'Asia sudorientale (compresa la Cina), Australia (zone a 30° di latitudine nord) e Oceania. Al fine di evitare il rischio di condensazione nei componenti a contatto con miscela e gas propulsore, questi Paesi esigono il rispetto dei seguenti requisiti per il funzionamento degli impianti a motore Jenbacher con gas da carbone.

**Requisiti aggiuntivi nei Paesi della fascia tropicale compresa tra 30° di latitudine nord e 30° di latitudine sud**

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Umidità gas relativa del gas da carbone	max.	50	% rel.	La condensa nel tratto del gas non deve mai raggiungere il miscelatore gas!

**Requisiti per l'eliminazione della condensa del gas propulsore – Aria – Miscela**

Oltre al vapore acqueo, molti tipi di gas contengono altre sostanze condensabili, che richiedono particolare attenzione. I processi di condensazione potrebbero avere un effetto negativo sul funzionamento del motore. In particolare, i gas derivati dai processi di gassificazione possono contenere componenti organici condensabili, come catrame, naftalene idrosolubile e molto altro, a seconda del processo di gassificazione e del sistema di trattamento del gas. Questo può avere conseguenze e possibili effetti soprattutto sui componenti a contatto con gas propulsore.

## NOTA

**Pericolo danneggiamento macchine**

L'utilizzo di gas insufficientemente secchi provoca l'insorgenza di guasti, generalmente concentrati in materiali di raccordo, dispositivi e tubature esterni al motore vero e proprio. Finché non si elimina la causa di questi problemi, non è possibile escludere danni al motore.

I guasti attribuibili ad insufficiente eliminazione della condensa nei carburanti gassosi sono esclusi dalle prestazioni in garanzia. Tale esclusione di garanzia non è applicabile se la fornitura stabilita per contratto da parte di Jenbacher contiene esplicitamente un impianto di asciugatura gas.

In allegato sono riportate ulteriori spiegazioni in merito all'eliminazione della condensa.

## 6 Appendice

## 6.1 Panoramica requisiti e valori limite per gas propulsore

## Caratteristiche fisiche, componenti principali e requisiti termodinamici

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Pressione del gas	Variazione	$\leq 10$	mbar/s	
Temperatura gas	Min.	10	°C	Temperature più alte da verificare caso per caso!
	Max.	40	°C	
Umidità relativa del gas	max.	80	%	Deve essere garantita a qualsiasi temperatura e pressione di alimentazione!
Potere calorifico inferiore	Variazione	$\leq 4$	%/min	Potere calorifico inferiore in KJ/Nm <sup>3</sup>
Numero metanico	Velocità di variazione	$\leq 10$	MZ/min	Secondo il metodo di calcolo standard (AVL)
Idrogeno H <sub>2</sub>	Velocità di variazione	$\leq 4$	% vol./min	Soprattutto con i gas di processo
Infiammabilità		Il gas non deve essere infiammabile. Prestare attenzione alle normative e ai valori limite!		

## 6.2 Panoramica di requisiti e limiti per l'aria di combustione

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Temperatura				Vedere IT 1100-0110
Particelle Contenuto di particelle totale		$\leq 0,1$	mg/Nm <sup>3</sup>	Classe di purezza G3 secondo EN779: Il sistema è protetto dalle particelle da un filtro posto sull'ingresso dell'aria di combustione. Il valore riportato vale come base per la progettazione del filtro dell'aria
Componenti altamente infiammabili				I valori limite di sicurezza non possono essere superati. Qualora l'aria di combustione non fosse priva di componenti altamente infiammabili, concordare l'idoneità con INNIO Jenbacher GmbH & Co OG
Componenti che formano acidi e basi				Non devono penetrare nel motore

La tabella riportata contiene soltanto un estratto. Per maggiori dettagli, consultare i singoli capitoli.

## 6.3 Panoramica requisiti e valori limite per miscela

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
<b>Valori limite per microelementi ed oligoelementi</b>				
Somma zolfo	S	$\leq 700$	mg/10kWh	Fare attenzione all'influsso sulla durata utile dell'olio
		$\leq 1200$	mg/10kWh	Con garanzia limitata



Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
Composti alogeni	Somma Cl + 2 * F	≤ 100	mg/10kWh	Fare attenzione al funzionamento a carico parziale
		≤ 400	mg/10kWh	Con garanzia limitata
Ammoniaca	NH <sub>3</sub>	≤ 50	mg/10kWh	Valori di NH <sub>3</sub> più elevati nel gas propulsore possono causare il superamento dei valori di NOx indicati nelle specifiche per i gas di scarico del motore.
VOSC come silicio totale	Somma silicio, Si <sub>BG</sub> (valore limite di funzionamento del silicio)	≤ 0,02		Valore di funzionamento del silicio (Si) da determinare con precisione durante l'analisi dell'olio <sub>B</sub>
Componenti estremamente infiammabili	Acetilene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) Solfuro di carbonile (COS)	≤ 0,02	Vol %	Queste sostanze possono causare fenomeni di autocombustione incontrollati nel sistema!
<b>Valori limite per olio, condensa e particelle</b>				
Particelle		-		Il sistema è protetto da particelle di polvere da un filtro posto sulla rampa di regolazione gas. Questo filtro nel tratto di regolazione gas non serve come filtro di lavoro
Tenore olio complessivo		≤ 0,2	mg/10kWh	
Catrame	CxHyRz	Assenza di catrame nei componenti a contatto con gas o miscela		Per i gas contenenti catrame (soprattutto gas di legno), il tratto di regolazione del gas deve essere posato in traccia con cavi elettroriscaldanti dotati di isolamento termico!
Condensa o sublimato		-		Assenza di condensa e assenza di sublimazione di acqua o catrami nei componenti a contatto con gas o miscela.
<b>Ulteriori requisiti per l'utilizzo dei sistemi di trattamento del gas propulsore o del gas di scarico di Jenbacher</b>				
Somma zolfo	S	≤ 500	mg/10kWh	Quando si utilizza il sistema a carbone attivo Jenbacher
		≤ 200	mg/10kWh	Quando si utilizza il catalizzatore CO Jenbacher
		≤ 20	mg/10kWh	Quando si utilizza il catalizzatore di formaldeide Jenbacher
Composti alogeni	Somma Cl + 2 * F	≤ 200	mg/10kWh	Quando si utilizza il sistema a carbone attivo Jenbacher
		≤ 200	mg/10kWh	Quando si utilizza il sistema Jenbacher CIAir
		≤ 20	mg/10kWh	Con l'utilizzo del catalizzatore CO di Jenbacher o del catalizzatore per formaldeide di Jenbacher

Denominazione	Additivo	Limitazione	Unità	Nota
VOSC come silicio totale	Somma silicio, Si <sub>BG</sub>	≤ 0,0005		Con l'utilizzo del catalizzatore CO di Jenbacher o del catalizzatore per formaldeide di Jenbacher
Somma microelementi con uso di catalizzatore	I metalli e metalli pesanti indicati come esempio hanno un effetto disattivante sul catalizzatore. La durata utile si riduce quindi in modo corrispondente. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zolfo, fosforo, piombo, mercurio, arsenico, antimonio, zinco, rame, stagno, ferro, nichel, cromo, ecc.</li> <li>• La garanzia decade se la quantità totale di questi elementi supera i 350g/Nm<sup>3</sup> del catalizzatore. La prova si esegue tramite analisi quantitativa di un campione di usato. Il gas di scarico deve essere comunque privo di composti con silicio, ad esempio silossani.</li> </ul>			

**Requisiti aggiuntivi per il gas propulsore per motori con sistema precamera**

Somma zolfo	S	≤ 200	mg/10kWh	
-------------	---	-------	----------	--

**Ulteriori requisiti per il gas propulsore in caso di utilizzo di un apposito compressore per il sistema del gas precamera**

Temperatura del gas al compressore del gas precamera	Min.	10	°C	Temperature più alte da verificare caso per caso! Se la temperatura della sala macchine è inferiore a 30°C, è possibile isolare e riscaldare elettricamente il tratto di regolazione del gas complessivo al fine di evitare condensazione e sublimazione.
	Max.	40	°C	
Umidità relativa del gas all'entrata del compressore gas precamera	max.	15	% rel.	La condensa nel tratto di regolazione del gas non deve mai raggiungere la valvola del gas precamera!

**Ulteriori requisiti del gas propulsore per il gas da carbone nella fascia tropicale compresa tra 30° di latitudine nord e 30° di latitudine sud**

Questi requisiti aggiuntivi per l'impiego del gas da carbone valgono, per esempio, per i paesi dell'America Centrale (incl. Messico), America del Sud (tranne Uruguay, Argentina e Cile), Africa, Penisola Araba (incl. Israele), Subcontinente indiano (Pakistan, Bangladesh, India, Sri Lanka), tutto il Sud-est asiatico (incl. Cina), Australia (zone a 30° di latitudine nord) e Oceania.

Umidità gas relativa del gas da carbone	max.	50	% rel.	La condensa nel tratto di regolazione del gas non deve mai raggiungere il miscelatore gas!
---	------	----	--------	--

La tabella riportata contiene soltanto un estratto. Per maggiori dettagli, consultare i singoli capitoli.

**6.4 Informazioni sull'eliminazione della condensa**

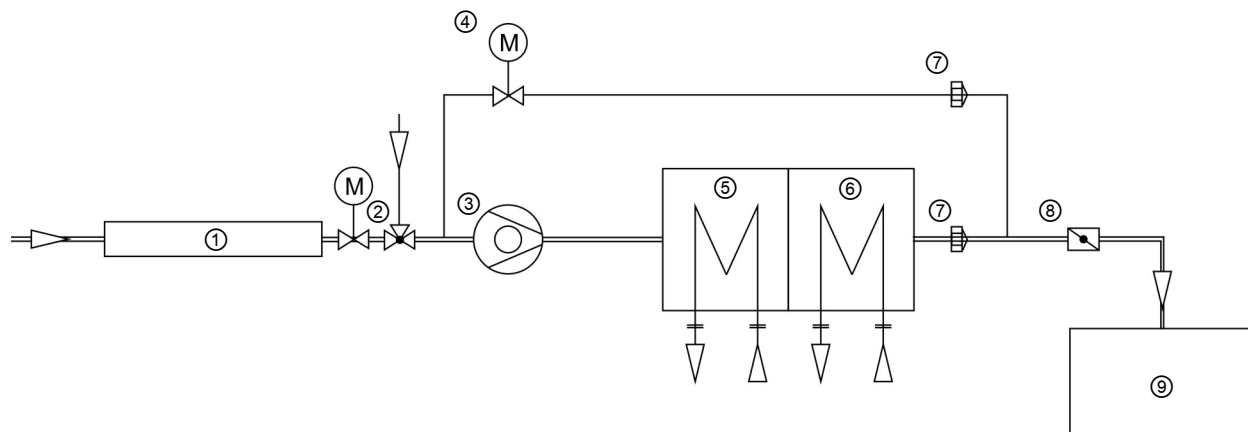
Nell'osservanza di queste IT, in nessun punto dei componenti a contatto con gas propulsore e miscela deve formarsi condensa. Se tuttavia subentrano dei processi di condensazione, le spiegazioni riportate di seguito possono risultare utili nella ricerca dei guasti.

**Conseguenze più frequenti dovute a formazione di condensa**

Gas	Qualità della condensa	Conseguenze più frequenti per i motori
Biogas, gas di purificazione e gas di scarica	Acqua acida, anche come emulsione con olio lubrificante del compressore gas	Corrosione (→ usura) Arricchimento del TAN o abbassamento dello pH nell'olio lubrificante

Gas	Qualità della condensa	Conseguenze più frequenti per i motori
		Depositi carboniosi sulle valvole, nelle scanalature delle fasce elastiche dei pistoni e nelle intercapedini
Gas associato a petrolio estratto	Composti di idrocarburi superiori allo stato liquido	Lavaggio della pellicola dell'olio lubrificante (grippaggio)
		Combustione con battito in testa Bruciatura degli spigoli
	Greggio e/o composti di idrocarburi superiori allo stato liquido	Depositi carboniosi su: valvole, scanalature delle fasce elastiche dei pistoni e intercapedini
Gas liquido, gas propano	Propano/butano allo stato liquido	Lavaggio della pellicola dell'olio lubrificante (grippaggio)
		Combustione con battito in testa Bruciatura degli spigoli
Gas derivato dai processi di gassificazione, gas di processo	Come tutti gli altri gas	Come tutti gli altri gas

#### Influsso sul funzionamento del motore



Componente	Conseguenza	Rimedio	Individuazione
N. ① Tratto di regolazione del gas	Presenza di sporco nel filtro del gas, fonti di membrane, sedimentazioni di condensa o sublimato	Pulizia o sostituzione delle parti interessate secondo le istruzioni per la manutenzione	Controllo visivo dopo 10.000 ore di esercizio (OE) o in caso di guasto
N. ② Miscelatore gas	Nessuna conseguenza nota		

Componente	Conseguenza	Rimedio	Individuazione
N. ③ Turbocompressore	Sedimentazioni sulla ruota del compressore o sul diffusore	Pulizia secondo il piano di manutenzione dopo 10.000 OE o in caso di necessità	Difficoltà nel raggiungimento del pieno carico / calo di potenza
N. ④ Valvola di bypass del turbocompressore	Deterioramento dovuto a sedimentazioni di catrame; nel peggiore dei casi, avaria della valvola	Pulizia con solventi, da abbinare eventualmente a quella del refrigeratore miscela (10.000 OE)	Controllo visivo dopo 10.000 OE o in caso di guasto
N. ⑤ Refrigeratore miscela 1° stadio	Nessuna conseguenza nota		
N. ⑥ Refrigeratore miscela 2° stadio	Deterioramento dovuto a sedimentazioni di catrame e condensa; possibile calo di potenza dovuto all'aumento di perdita di pressione	Pulizia con apposito dispositivo per refrigeratore miscela	Il notevole calo di pressione può essere limitato e compensato dalle riserve del compressore; indicazione: aumento pressione di carica
N. ⑦ Parafuoco	Deterioramento dovuto a sedimentazioni di catrame e condensa; possibile calo di potenza	Pulizia meccanica, da abbinare eventualmente a quella del refrigeratore miscela (10.000 OE)	Il notevole calo di pressione può essere limitato e compensato dalle riserve del compressore; indicazione: aumento pressione di carica;  La temperatura dei componenti è superiore, per es., a quella del refrigeratore miscela (~80-90°C)
N. ⑧ Valvola a farfalla	Deterioramento dovuto a sedimentazioni di catrame; nel peggiore dei casi, avaria della valvola a farfalla	Pulizia con solventi, da abbinare eventualmente a quella del refrigeratore miscela (10.000 OE)	Controllo visivo dopo 10.000 OE o in caso di guasto
N. ⑨ Motore	-	-	-

### Principio per evitare danni dovuti alla condensa contenuta nel gas propulsore

- In linea generale, in caso di formazione di condensa è richiesta la consulenza del reparto Sviluppo progetto tecnico Jenbacher.
- Condensazione del vapore tramite raffreddamento e/o espansione.
- Separazione meccanica (ad es. ciclone o filtro di separazione) e scarico a tenuta di gas della condensa.
- La tubazione del gas verso il motore deve essere configurata in modo che il gas non venga ulteriormente raffreddato ed espanso a causa di resistenze o riduttori di pressione (se necessario isolare la tubazione del gas e munirla eventualmente di riscaldamento aggiuntivo).

- Poiché, nonostante l'assenza di condensa sull'apposita stazione di prova, una certa quantità di condensa può comunque arrivare al motore, è importante che la condensa sia priva di agenti acidificanti. Per accertare ciò, è opportuno controllare il valore pH del deposito di acqua contenuto nei separatori di condensa. Più forte è l'acido, più acuto sarà l'effetto dannoso, anche se le quantità di condensa sono talmente basse da essere appena riconoscibili.

**⚠ ATTENZIONE****Pericolo sostanze chimiche a contatto con la pelle! Condensa corrosiva**

In fase di scarico della condensa dal sistema del gas, è obbligatorio attenersi alle misure di sicurezza. Indossare appositi guanti resistenti agli acidi quando si ha a che fare con questa sostanza.



## 6.5 Check list per dati relativi alla qualità del gas propulsore

## Informazioni generali

Nome del progetto o dell'impianto	
Ubicazione (paese e/o città) dell'impianto	
Nome del referente presso il cliente	
Raggiungibile al (n. telefono)	
Provenienza del gas	
Categoria tipo di gas: Gas naturale ( <b>NG</b> ) gas associato a petrolio ( <b>APG</b> ) biogas, gas di purificazione, gas di discarica ( <b>BG</b> ) gas da carbone ( <b>CMG</b> ) gas derivati dai processi di gassificazione ( <b>GG</b> ) gas di processo ( <b>PG</b> ) gas liquido, gas propano ( <b>LG</b> )	

## Caratteristiche fisiche

Pressione gas (da – a)	-	mbar(rel.)
Temperatura gas (da – a)	-	°C
Umidità relativa gas (da – a)	-	%
Pressione atmosferica (da – a)	-	mbar

Componenti principali	Importante per i seguenti tipi di gas *	% in vol.	Metodo di misurazione
-----------------------	---	-----------	-----------------------

	N G	A P G	B G	C M G	G G	P G	L G		
Metano CH <sub>4</sub>	X	X	X	X	X	X	X		
Etano C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	X	X					X		
Propano C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	X	X			X		X		
Butano C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	X	X					X		
Pentano C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	X	X					X		
Esano C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	X	X					X		
Monossido di carbonio CO			X		X	X			
Idrogeno H <sub>2</sub>					X	X			
Anidride carbonica CO <sub>2</sub>		X	X	X	X	X			
Azoto N <sub>2</sub>		X	X	X	X	X			
Ossigeno O <sub>2</sub>			X	X	X	X			
Altri	X	X	X	X	X	X	X		

Microelementi e oligoelementi      Importante per i seguenti tipi di gas  
\*      Quantità      mg/10kWh      Metodo di misurazione

		N G	A P G	B G	C M G	G G	P G	L G			
Ammoniaca NH <sub>3</sub>				X		X	X				
Somma cloro				X		X	X				
Somma fluoro				X		X	X				
Acido cianidrico HCN						X					
Idrogeno solforato H <sub>2</sub> S			X	X		X	X				
Somma composti silicio-organici				X							
Somma zolfo			X	X		X	X				
Acetilene C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>						X	X				
Solfuro di carbonile COS						X	X				
Catrame	Benzolo					X	X				
	Naftalina					X	X				
	Punto di rugiada catrame					X	X		Temperatura	°C	
Altri		X	X	X	X	X	X	X			
<b>Particelle</b>											
< 3 µm					X	X	X				
> 3 µm					X	X	X				
Altri		X	X	X	X	X	X	X			

\* Le singole posizioni sono importanti se questo componente è o può essere presente nel gas. Le posizioni classificate in base al tipo di gas sono contrassegnate con una X e necessarie in ogni caso.

**Altre informazioni:**

**Si possono consigliare istituti di analisi, per quanto conosciuti a Jenbacher.**



## **6.6 Composti organici a base di silicio in biogas, gas di digestione e gas di scarica**

### **Composti organici a base di silicio**

I composti organici a base di silicio sono presenti in gas propulsi originati in discariche, impianti di purificazione e impianti di biogas (a seconda della fonte di biomassa). Nell'utilizzo in macchine motrici a combustione si generano ossidi di silicio (particelle di quarzo) che possono portare ad un maggiore dispendio nella manutenzione delle macchine ed eventualmente alla disattivazione di un catalizzatore del gas di scarico.

Fanno parte del gruppo di sostanze dei composti organici a base di silicio i silossani, i silani e i silanoli. I silossani vengono utilizzati prevalentemente nei settori dei cosmetici, dei detergenti e come inibitori di schiuma nell'industria; le altre sostanze arrivano al gas propulsore come prodotti di decomposizione dei silossani. Queste sostanze sono combustibili, molto volatili e derivano da sistemi acquosi (fanghi di purificazione, fermenti, canali di raccolta di scarica).

Una valutazione di composti organici a base di silicio nel gas propulsore deve essere effettuata in particolare nelle seguenti applicazioni:

- Gas da discariche di rifiuti domestici
- Gas da impianti di purificazione in cui si lavorano prevalentemente acque di scarico domestiche
- Gas da impianti di biogas, a seconda dell'origine della biomassa
- Gas da discariche nelle quali vengono depositati i prodotti intermedi della chimica siliconica o altri prodotti contenenti silicone nonché nel caso di gas da impianti di purificazione nei quali vengono introdotte le rispettive acque reflue contenenti silicone

Mentre per biogas e gas di purificazione l'affermato sistema a carboni attivi alternati di Jenbacher rimuove efficacemente questi composti organici a base di silicio, l'utilizzo di questa stessa tecnica di depurazione per i gas di scarica varia di caso in caso.

### **Determinazione di collegamenti organici a base di silicio**

Dalla somma dei composti organici a base di silicio contenuti nel gas propulsore si calcola la somma degli atomi di silicio contenuti nel gas propulsore in  $[mg/Nm^3]$ . Con l'indicazione del tenore di metano, questo valore può essere convertito, nel tenore di atomi di silicio derivanti da composti organici del silicio in  $[mg/10 kWh]$ .

Nello stato di progetto, Jenbacher consiglia di analizzare in tenore di composti organici a base di silicio in particolare in gas propulsori di discariche, al fine di valutare il dispendio da prevedere per la manutenzione. Il risultato dell'analisi fornisce inoltre a Jenbacher una base sulla quale decidere circa un consiglio da poter dare ai tecnici della purificazione del gas basato su efficacia ed economicità.

Il prelievo del campione e l'analisi di composti organici a base di silicio alle concentrazioni normalmente riscontrate non sono generalmente disponibili allo stato attuale della tecnologia. Jenbacher offre una tecnica di analisi affermata sviluppata in proprio. Il campione deve essere prelevato solo da personale specializzato istruito da Jenbacher.

Nel funzionamento dell'impianto la determinazione del carico di silicio avviene tramite il valore limite di silicio nell'olio. Il rispetto di questo valore limite è fondamentale per la validità di un contratto di assistenza. Questo valore limite non indica il valore momentaneo del carico di silicio, ma l'apporto di silicio accumulato durante il funzionamento tra due analisi dell'olio effettuate.

### **Presupposti per il prelievo di campioni e la scelta del punto di prelievo del campione**

Un rilevamento dei composti organici a base di silicio nel gas propulsore rappresenta sempre una situazione momentanea al momento del prelievo di campioni. Il prelievo può fornire risultati valutabili solo se la fonte del gas propulsore da cui viene effettuato il prelievo di campioni soddisfa le condizioni seguenti:

1. il punto di prelievo deve essere in una sezione della linea costantemente attraversata dal flusso e essere **privo di condensa**. Sono idonei tubi in discesa o in salita. Nel caso di tubi orizzontali, il punto di prelievo deve necessariamente diramarsi dal tubo verso l'alto. In caso contrario, nelle diramazioni si raccoglierà condensa. Il prelievo risulta falsato anche se è stata scaricata la condensa e il gas risulta visivamente asciutto.
2. il trasporto del gas propulsore deve essere in corso da almeno 3 ore e in modo pressoché stazionario. La portata del gas deve essere pari almeno al 75 % della portata di esercizio che si imposterebbe per esercizio a pieno carico dell'impianto a motore a gas. Se il prelievo viene effettuato in tubazioni in cui il flusso non è abbondante, sussiste il pericolo che la misurazione risulti errata se i microelementi si condensano sulle superfici fredde, ovvero i composti organici a base di silicio vengono assorbiti in altri microelementi condensati
3. È opportuno che il punto di prelievo si trovi nella zona di sovrappressione della tubazione del carburante gassoso, prima del punto in cui si progetta di installare il motore. Il campione può essere tuttavia prelevato anche dalle tubazioni depressurizzate.
4. per gli impianti a gas di discarica si deve inoltre assicurare che la pressione di aspirazione durante questo periodo sia dello stesso ordine di grandezza della pressione di aspirazione prevista per l'esercizio a pieno carico. Non è ragionevole eseguire la campionatura in discariche nelle quali non si registrano flussi di gas dell'ordine di grandezza dell'esercizio previsto per il motore. Nel caso delle discariche, il prelievo del campione è utilizzabile solo nella tubazione di raccolta collettiva. La campionatura di singole fonti di gas non porta a risultati valutabili ai sensi di questa direttiva.
5. Durante il prelievo del campione non devono verificarsi variazioni nell'impianto di trasporto del gas in funzione, in modo da poter assumere con ampia probabilità un carico costante dei microelementi del gas propulsore.

## 6.7 Spiegazione relativa alla miscela

In singoli casi è possibile utilizzare aria di combustione caricata purché le sostanze inquinanti contenute non siano già presenti nel gas propulsore con la massima concentrazione consentita. In questo caso è necessario verificare che il rapporto della miscela dipenda dalla composizione del gas propulsore e sia conforme al fabbisogno di aria di combustione. Nel caso di gas da processi di gassificazione il rapporto di miscelazione corrisponde a circa 4 e significa che al gas propulsore viene aggiunta una quantità di aria di combustione pari al quadruplo del volume. Nel caso di gas naturale o gas propano, tale rapporto è superiore a 20. Nella seguente tabella sono riportati per approssimazione i rapporti di miscelazione delle singole categorie di gas:

Gas propulsore	Rapporto di miscelazione aria di combustione rispetto a gas propulsore (per approssimazione, a seconda del progetto)
Gas naturale (NG)	22
Gas contenuto nel petrolio estratto (APG)	13
Biogas, gas di purificazione, gas di discarica (BG)	8
Gas da carbone (CMG)	10
Gas da processi di gassificazione (GG)	4
Gas di processo (PG)	8
Gas liquido, gas propano (LG)	24

Si deduce che le immissioni di sostanze inquinanti tramite l'aria di combustione con la stessa concentrazione del gas propulsore possono causare un danneggiamento notevolmente maggiore del motore.

Ne risulta che il valore limite dello zolfo valido per il gas propulsore di 700 mg/10kWh può essere convertito per l'aria di combustione utilizzando il rapporto di miscelazione. Pertanto, per un motore alimentato a biogas è possibile determinare un valore limite dello zolfo per l'aria di combustione di 88mg/Nm<sup>3</sup> purché il gas propulsore sia completamente privo di zolfo! Il rapporto di miscelazione contiene la conversione di [mg/10 kWh] in [mg/Nm<sup>3</sup>].

Nel seguente allegato si trova un esempio di conversione per un impianto con gas propulsore caricato e aria di combustione caricata.

## 6.8 Esempi di calcolo

### Esempio di conversione della concentrazione di microelementi SK

$$SK = \frac{\text{Concentrazione misurata [mg/Nm}^3\text{]}}{\text{Potere calorifico [kWh/Nm}^3\text{]}} \times 10$$

Spesso le concentrazioni sono indicate in grandezze riferite al volume, ad es. ppm (parti per milione), le quali devono essere convertite in mg/Nm<sup>3</sup> in una fase intermedia utilizzando la densità in condizioni normali.

$$SK' \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = \text{concentrazione misurata [ppm]} \times \text{densità dell'elemento [kg/Nm}^3\text{]}$$

Nota: L'indicazione in ppm (=10<sup>-6</sup>) e la conversione da kg a mg (10<sup>+6</sup>) si annullano a vicenda.

### Esempio di conversione per biogas

CO <sub>2</sub>	40%
CH <sub>4</sub>	60%
H <sub>2</sub> S	260 ppm (densità in condizione normale = 1,52 kg/Nm <sup>3</sup> )
Potere calorifico inferiore	6 kWh/Nm <sup>3</sup> (= 60% di 100% CH <sub>4</sub> = 10 kWh/Nm <sup>3</sup> )

Passaggio 1: Conversione del valore misurato in ppm a mg/Nm<sup>3</sup>, riferito a H<sub>2</sub>S

$$SK'_1 \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = 260 \text{ [ppm]} \times 1,52 \text{ [kg/Nm}^3\text{]} \quad SK'_1 = 395 \text{ mg/Nm}^3$$

Passaggio 2: Conversione del valore riferito a H<sub>2</sub>S a valore limitato di zolfo in mg/Nm<sup>3</sup>

$$SK' \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = \frac{\text{Massa molare zolfo}}{\text{Massa molare H}_2\text{S}} \times SK'_1 \quad SK' \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = \frac{32}{34} \times 395 \text{ [mg/Nm}^3\text{]}$$

$$SK' = 372 \text{ mg/Nm}^3$$

Passaggio 3: Conversione del valore misurato in mg/Nm<sup>3</sup> al valore di confronto (mg/10 kWh).

$$SK = \frac{372 \text{ [mg/Nm}^3\text{]}}{6 \text{ [kWh/Nm}^3\text{]}} \times 10 \Rightarrow SK = 620 \text{ mg/10 kWh} \quad \text{Valore effettivo}$$

$$\text{Senza catalizzatore} \Rightarrow SK_G = 700 \text{ mg/10 kWh} \quad SK < SK_G \Rightarrow \text{OK}$$

Questo esempio di calcolo vale ragionevolmente per tutti i valori limite indicati in mg/10 kWh.

### Esempio di conversione per un impianto con gas propulsore caricato e aria di combustione caricata

L'aria di combustione dell'impianto a biogas dell'esempio precedente contiene biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) con una concentrazione di 12 mg/Nm<sup>3</sup>.

Passaggio 1: Conversione del valore riferito a  $\text{SO}_2$  a valore limitato di zolfo in mg/Nm<sup>3</sup>

$$\text{SK}'' [\text{mg}/\text{Nm}^3] = \frac{\text{Massa molare zolfo}}{\text{Massa molare } \text{SO}_2} \times \text{SK}'', \quad \text{SK}'' [\text{mg}/\text{Nm}^3] = \frac{32}{64} \times 12 [\text{mg}/\text{Nm}^3]$$

$$\text{SK}'' = 6 \text{ mg}/\text{Nm}^3$$

Passaggio 2: Calcolo dell'immissione aggiuntiva di zolfo tramite l'aria di combustione

Nel caso del biogas il rapporto di miscelazione tra aria di combustione e gas propulsore è pari a 8. Il rapporto di miscelazione contiene la conversione di [mg/Nm<sup>3</sup>] in [mg/10 kWh].

$$\text{SK}_{\text{Luft}} [\text{mg}/\text{Nm}^3] = \text{SK}'' \times \text{rapporto di miscelazione} \quad \text{SK}_{\text{Luft}} = 6 [\text{mg}/\text{Nm}^3] \times 8 [\text{mg}/10 \text{ kWh}] / [\text{mg}/\text{Nm}^3]$$

$$\text{SK}_{\text{Luft}} = 48 \text{ mg}/10 \text{ kWh}$$

Passaggio 3: Calcolo dell'immissione totale di zolfo

$$\text{SK}_{\text{tot}} = \text{SK} + \text{SK}_{\text{Luft}} \quad \text{SK}_{\text{tot}} = 620 [\text{mg}/10 \text{ kWh}] + 48 [\text{mg}/10 \text{ kWh}]$$

$$\text{SK}_{\text{tot}} = 668 \text{ mg}/10 \text{ kWh}$$

$$\text{SK}_{\text{tot}} < \text{SK}_G \Rightarrow \text{OK}$$

### Esempio di calcolo per gas convertito

Componenti principali gas	Valore	Unità
Acetilene $\text{C}_2\text{H}_2$	< 0,1	Vol %
HC di qualità superiore (> $\text{C}_5\text{H}_{12}$ )	< 0,2	Vol %
CO	67,75	Vol %
$\text{N}_2$	13,21	Vol %
$\text{CO}_2$	16,22	Vol %
$\text{H}_2\text{O}$	2,52	Vol %

Microelementi e oligoelementi	Valore	Unità
$\text{H}_2\text{S}$	80	ppm
HF	7,1	mg/10kWh
HCl	4,0	mg/10kWh

Proprietà del gas	Valore	Unità
Potere calorifico inferiore	2,38	kWh/Nm <sup>3</sup>

### Acido fluoridrico e acido cloridrico

Passaggio 1: Calcolo della quantità totale di cloro

$$\text{Cl} [\text{mg}/10 \text{ kWh}] = \frac{\text{Massa molare cloro}}{\text{Massa molare HCl}} \times \text{Cl}', \quad \text{Cl} [\text{mg}/10 \text{ kWh}] = \frac{35,4}{36,4} \times 4 [\text{mg}/10 \text{ kWh}]$$

$$Cl = 3,9 \text{ [mg/10 kWh]}$$

Passaggio 2: Calcolo della quantità totale di fluoro

$$F \text{ [mg/10 kWh]} = \frac{\text{Massa molare fluoro}}{\text{Massa molare HF}} \times F' \qquad F \text{ [mg/10 kWh]} = \frac{19}{20} \times 7,1 \text{ [mg/10 kWh]}$$

$$F = 6,7 \text{ [mg/10 kWh]}$$

Passaggio 3: Calcolo della quantità totale di alogeno

$$Hal \text{ [mg/10kWh]} = Cl + 2 \times F \qquad Hal \text{ [mg/10kWh]} = 3,9 \text{ [mg/10 kWh]} + 2 \times 6,7 \text{ [mg/10 kWh]}$$

$$Hal = 17,3 \text{ [mg/10 kWh]}$$

Passaggio 4: Confronto tra valore effettivo e valore nominale

$$\text{Senza catalizzatore} \rightarrow Hal_G = 100 \text{ mg/10kWh} \qquad Hal < Hal_G \rightarrow OK$$

Questi esempi di calcolo valgono ragionevolmente per tutti i valori limite indicati in mg/10kWh.

### Esempio di calcolo dell'indice di funzionamento del silicio $Si_B$

Determinazione mediante due analisi dell'olio:

$\Delta Si_{\text{Gehalt im Motoröl}}$ : Aumento del tenore di Si nell'olio motore in ppm tra due analisi, e

$\Delta$  durata utile olio: il tempo di funzionamento in ore tra le due analisi dell'olio.

$$Si_{\text{Betriebskennwert}} [Si_B] = \frac{\Delta Si_{\text{Gehalt im Motoröl}} [\text{ppm}] \times \text{volume totale olio d'esercizio (l)}}{\text{Potenza motore media [kW]} \times \Delta \text{ durata utile olio (h)}} \times 1.1$$

Volume totale olio d'esercizio, comprende il volume dell'olio nella coppa dell'olio più il volume dell'olio nei serbatoi aggiuntivi, qualora installati.

Volume di rabbocco escluso.

### Esempio di calcolo

Aumento del tenore di Si nell'olio motore tra 2 campioni di olio	40 ppm
Volume totale olio d'esercizio	500 l
Potenza motore	2000 kW
Durata utile olio tra le analisi	600 h

$$Si_B = \frac{40 \text{ ppm} \times 500 \text{ l}}{\text{Potenza motore media [kW]} \times \Delta \text{ durata utile olio (h)}} \times 1.1$$

2000 kW x 600 h

 $Si_B=0.018$  Valore effettivo $Si_{BG}=0.02$   $Si_B < Si_{BG} \Rightarrow OK$ **7 Indice delle revisioni**

Revisioni			
Indice	Data	Descrizione / Riepilogo delle modifiche	Esperto Controllore
10	28.02.2020	Ergänzung von Kapitel "Anforderungen und Grenzwerte an das Treibgas" / Addition of chapter „Fuel gas requirements and limits“	<b>Birgel A.</b> <i>Boewing R.</i>
9	30.04.2019	GE durch INNIO ersetzt / GE replaced by INNIO	<b>Opoku Pichler R.</b>
8	30.11.2015	Ergänzung „Klassifizierung – Potenzieller Kunde“ / Additional „Classification - Prospective Customers“	<b>Bilek Kelly</b>
		Geringfügige Änderungen (Formatierung, Terminologie, Übersetzung)/ Minor Changes (formatting, terminology, translation)	<b>Provin Nübling</b>
		Ergänzung Verbrennungsluft und Gemisch / Extension for intake air and mixture	<b>Provin Nübling, Wall</b>
7	30.04.2015	Implementierung TA 1000-0301, TA 1000-0302, TA 1400-0091 und Umbenennung Treibgasanforderungen/ Implementation TA 1000-0301, TA 1000-0302, TA 1400-0091 and renaming Fuel gas requirements	<b>Provin Nübling, Wall</b>
6	06.11.2014	Hinweis zur Einhaltung der Bedingungen / Information on observing the conditions	<b>Bilek Lippert</b>