

PROCEDURE DI AVVIAMENTO E FERMATA

PROCEDURE DI AVVIAMENTO E DI FERMATA DELL'IMPIANTO

1) *Procedure di avviamento e fermata consegnate ad ARTA*

Sulla base delle prescrizioni dell'art. 271 comma 14 del D.Lgs. 152/06 per ciascuna unità di produzione in ciclo combinato della centrale di Gissi è possibile definire:

normale funzionamento: il funzionamento dell'unità di produzione tra il 37% e il 100% del carico di processo. In questa condizione si applicano i valori limite di emissione autorizzati.

periodo di avviamento: il tempo in cui l'unità produttiva è portato dalla condizione di arresto (in cui non esercita l'attività a cui è destinato) ad un carico superiore al 37% (in cui l'impianto esercita l'attività a cui è destinato ad un carico di processo superiore al minimo tecnico). In questa condizione è esclusa l'applicazione dei valori limite di emissione.

periodo di arresto: il tempo in cui l'unità di produzione è portato da un carico di processo pari o superiore al minimo tecnico del 37 % al completo spegnimento. In questa condizione è esclusa l'applicazione dei valori limite di emissione.

I periodi di avviamento e di arresto dell'impianto sono definiti nelle procedure di avviamento e di fermata della Centrale di Gissi, già consegnate ad ARTA Abruzzo, qui allegate (Allegato 1).

2) *Modalità di funzionamento LLOP*

Oltre alle condizioni di funzionamento sopra descritte ciascuna unità di produzione della centrale di Gissi può funzionare in una modalità innovativa, denominata "Low Load Operation Point" (LLOP), in cui l'unità viene esercita, nel rispetto dei limiti di emissione autorizzati, ad un carico di circa il 20%. Il punto di funzionamento LLOP può pertanto essere considerato un ulteriore condizione di normale funzionamento dell'impianto ai sensi dell'art. 271 comma 14 del D.Lgs. 152/06: LLOP è infatti un punto di funzionamento stabile, sia pure ad un carico inferiore al minimo tecnico, in cui l'impianto è in grado di rispettare i limiti di emissione autorizzati.

La modalità di funzionamento LLOP costituisce, ad oggi, la prima applicazione industriale del genere in Italia ed è possibile unicamente con la tipologia di turbine a gas Alstom GT 26B installate presso la Centrale di Gissi: esse sono dotate di due file di bruciatori indipendenti denominate EV (environmental burners) e SEV (sequential environmental burners). Nella modalità di funzionamento LLOP i bruciatori SEV vengono spenti e la

PROCEDURE DI AVVIAMENTO E FERMATA

turbina a gas viene esercitata con i soli bruciatori EV. Il sistema di controllo della combustione è stato specificamente ottimizzato dal costruttore (a seguito di campagne di test condotte sia nei propri laboratori ed impianti pilota, sia durante la fase di messa in servizio e test della centrale di Gissi) per consentire il funzionamento in questa condizione nel rispetto dei limiti di emissione autorizzati.

La modalità di funzionamento LLOP è un importante fattore di flessibilità operativa per la centrale e per il sistema elettrico nel suo complesso: essa rappresenta di fatto un'alternativa al totale spegnimento della centrale nelle ore di minore richiesta di energia da parte del mercato, assicurando, al contempo un migliore contributo, alla stabilità di esercizio della rete di trasmissione nazionale (RTN) che può avere a disposizione una "riserva rotante" in grado di reagire in tempi sensibilmente più contenuti (circa 40 min, di cui 30 min di preparazione del ciclo acqua vapore e 10 min per il transitorio di variazione di carico, per il passaggio da LLOP al Minimo Tecnico contro circa 1 ora e 45 min per l'avviamento "Hot Start") ad eventuali richieste di potenza della RTN.

Infine, questa modalità di funzionamento è in grado di limitare sensibilmente gli shock termici dei macchinari, rispetto alla fermata e successivo riavviamento, salvaguardando quindi la vita utile dei macchinari stessi.

3) *Transitori di discesa e risalita di carico da LLOP*

Alla modalità di funzionamento LLOP al 20% del carico (al di sotto del minimo tecnico del 37%) risultano associati due ulteriori periodi transitori di funzionamento:

- transitorio di discesa di carico da minimo tecnico a LLOP
- transitorio di risalita di carico da LLOP a minimo tecnico

La durata tipica del transitorio di discesa di carico della turbina a gas da minimo tecnico a LLOP è di circa 10 min, così come la durata del transitorio di salita come mostrato nelle fig. 1a e 1b.

La media oraria delle emissioni di CO durante detti transitori può lievemente eccedere, in talune condizioni (soprattutto in dipendenza delle condizioni ambientali esterne e delle caratteristiche chimico-fisiche del gas naturale), il valore autorizzato di 30 mg/Nm³. Le emissioni di NOx risultano invece sempre inferiori ai limiti autorizzati. Inoltre, come indicato in tabella 1, i quantitativi di CO e NOx emessi durante tali transitori di transizione da e verso LLOP sono, in ogni caso, inferiori ai corrispondenti quantitativi emessi durante i transitori di avviamento e di fermata dell'impianto.

Su questa base e tenuto conto che la modalità di funzionamento LLOP è migliorativa rispetto ad un ciclo di fermata notturna e riavviamento dell'impianto, si richiede che i transitori di discesa e risalita di carico a/da LLOP vengano considerati, in sede di rinnovo dell'Autorizzazione Integrata Ambientale dell'impianto, come "ulteriori periodi transitori nei

PROCEDURE DI AVVIAMENTO E FERMATA

quali non si applicano i valori limite di emissione” ai sensi dell’articolo 271, comma 14 del D.Lgs. 152/06.

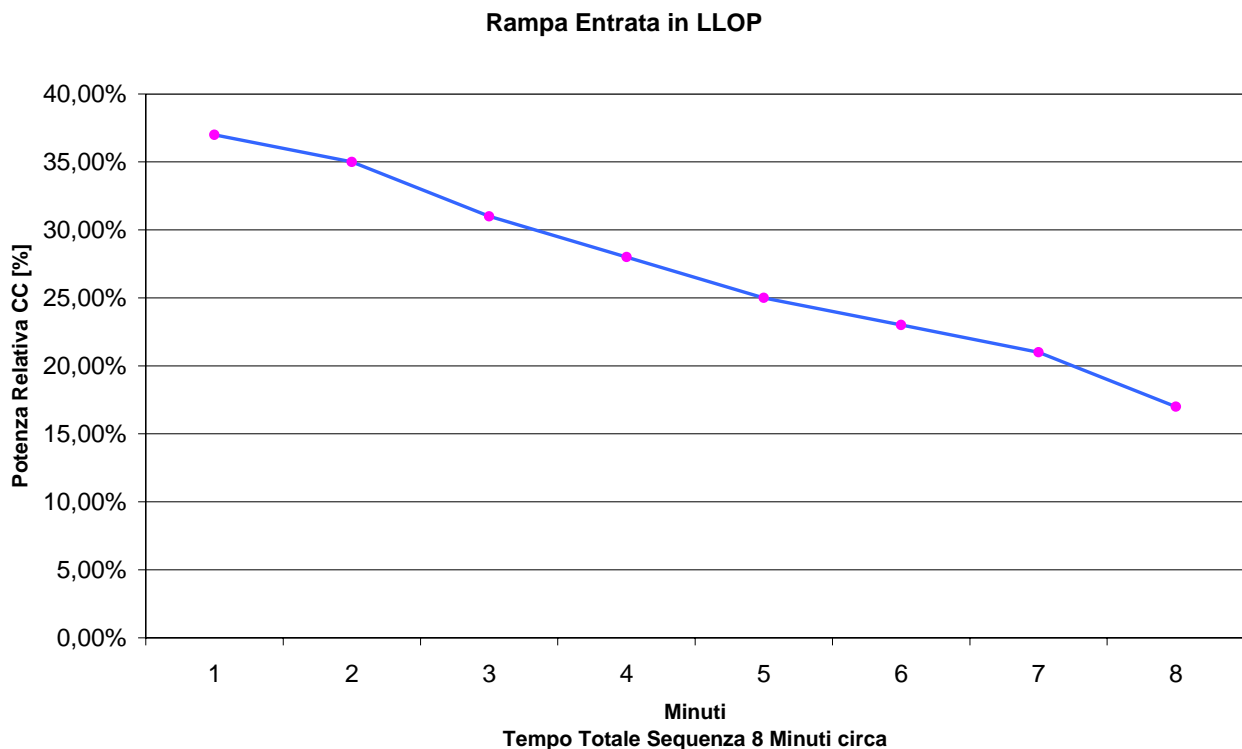
Tabella 1*: Confronto delle emissioni di inquinanti in fermata, ed in modalità LLOP.

	Ciclo di fermata e riavviamento	Modalità LLOP (**)
Emissioni totali di NOx [kg]	~ 215	~ 95
Emissioni totali di CO [kg]	~ 55	~ 25

*: i dati riportati in Tabella 1 sono ricavati da esperienze effettuate sulla Centrale di Gissi e sono riferiti alle particolari condizioni ambientali, del gas naturale e della rete nel momento in cui sono stati estratti i dati. Condizioni diverse possono portare a risultati leggermente diversi, che comunque non alterano significativamente la validità del confronto proposto in tabella.

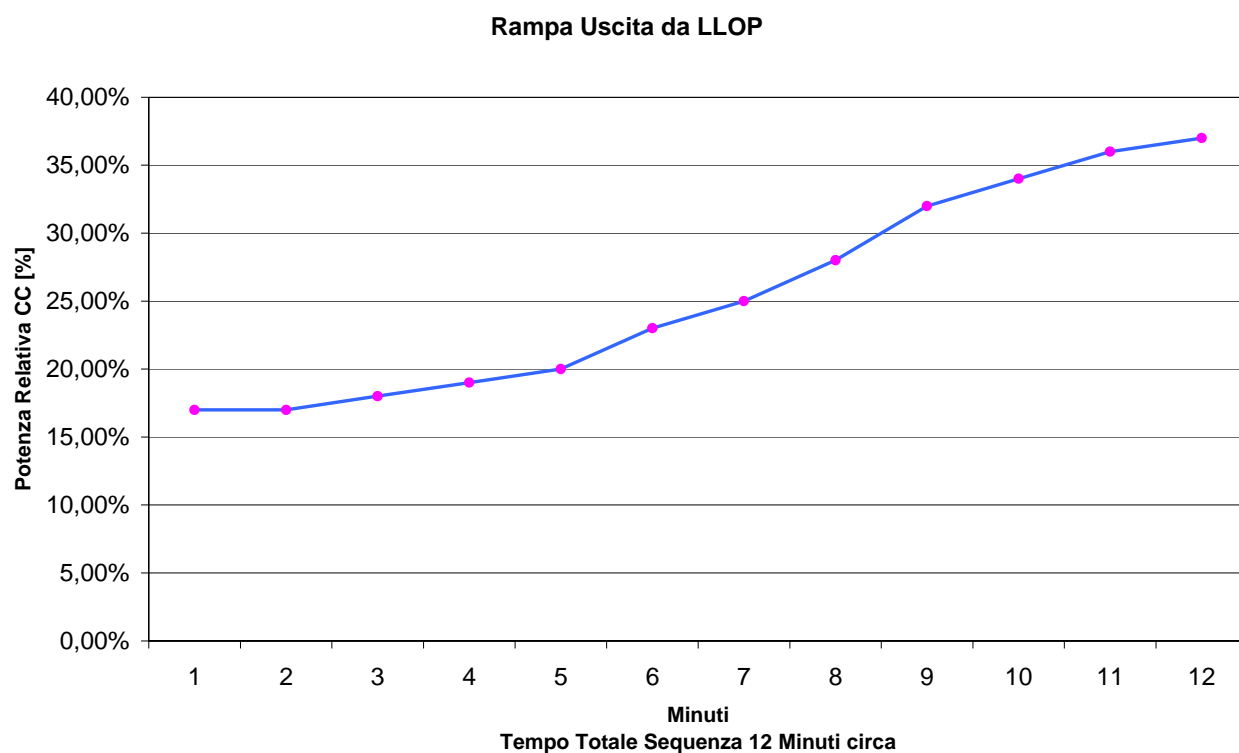
** comprende un ciclo di discesa di carico a LLOP, 7 ore di permanenza a LLOP e la risalita di carico fino al minimo tecnico.

Fig. 1a – Tipico transitorio di discesa di carico da minimo tecnico a LLOP



PROCEDURE DI AVVIAMENTO E FERMATA

Fig. 1b – Tipico transitorio di risalita di carico da LLOP a minimo tecnico



Allegato 1: Procedure di Avviamento e Fermata consegnate ad ARTA

PROCEDURE DI AVVIAMENTO E FERMATA

ALLEGATO 1

Procedure di Avviamento e Fermata consegnate ad ARTA, rev. 2

CENTRALE TERMOELETTRICA DI GISSI

RELAZIONE TECNICA

MODALITA' DI AVVIAMENTO E FERMATA DELLA CENTRALE DI GISSI

REV	DATA	OGGETTO DELLA REVISIONE	PREPARAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
2	27.01.2010	Revisione capitolo LLOP	ABE/CEG/ESE/LCH DELLE DONNE	ABE/CEG/ESE LEMMA	ABE/CEG DI GIORGIO
1	16.12.2009	Revisione generale (sostituisce procedura)	ABE/CEG/ESE DELLE DONNE	ABE/CEG/ESE LEMMA	ABE/CEG DI GIORGIO
0	04.2008	Emissione preliminare	ABE/CEG	ABE/CEG	ABE/CEG

INDICE


1. GENERALITÀ	3
2. CONTROLLO DELLE EMISSIONI	4
2.1. Controllo dei NOx: sistema di combustione sequenziale	4
2.2. Controllo del CO: sistema di riduzione catalitica	4
3. SEQUENZA DI AVVIAMENTO	7
3.1. Funzionamento in MSD	12
4. SEQUENZA DI FERMATA	13
5. LOW LOAD OPERATION POINT	14

1. GENERALITÀ

La centrale di Gissi è costituita da due unità identiche a ciclo combinato. Ciascuna di queste unità è costituita da una turbina a gas (Alstom GT 26B), alimentata esclusivamente a gas naturale, da un generatore di vapore a recupero e da una turbina a vapore con condensatore ad aria. Nel turbogas l'aria comburente, compressa da un compressore assiale, è inviata alla camera di combustione dove permette la combustione del gas naturale. I fumi caldi e compressi vengono fatti espandere in una turbina, montata sullo stesso albero del compressore e dell'alternatore elettrico.

L'energia trasferita dai fumi alla turbina serve quindi sia per azionare il compressore, sia per produrre energia elettrica (l'effetto utile) nell'alternatore. I fumi in uscita dalla turbina, ancora a temperatura elevata anche se a pressione prossima a quella atmosferica, vengono fatti passare nel generatore di vapore a recupero che, agendo come uno scambiatore, trasferisce l'energia termica dei fumi all'acqua, generando vapore a tre livelli di pressione.

Questo vapore è inviato alla turbina a vapore dove viene fatto espandere per produrre energia meccanica. La turbina a vapore è collegata, per mezzo di un giunto automatico, allo stesso alternatore del turbogas, e quindi trasferisce all'alternatore l'energia meccanica che viene quindi trasformata in energia elettrica. Il vapore esausto a bassa pressione viene fatto condensare nel condensatore ad aria, trasformandolo in acqua che viene rinviata al generatore di vapore per chiudere il ciclo.

 Gruppo a2a	ABE/CEG/ESE
	Doc.: AE-ESE-RT-001 Rev.: 2 Data: 27/01/2010
	Foglio 4 di 17

2. CONTROLLO DELLE EMISSIONI

2.1. Controllo dei NOx: sistema di combustione sequenziale

La turbina a gas Alstom GT 26 adotta un sistema di combustione sequenziale che consente un migliore controllo dei parametri di combustione e la minimizzazione delle emissioni, anche ai carichi parziali.

Con riferimento alla Fig. 1 si noti, infatti, che la camera di combustione è sdoppiata, ovvero ad una prima fila di bruciatori denominata EV (11), segue uno stadio di espansione di turbina (9) seguito a sua volta da una seconda fila di bruciatori denominati SEV (8) e dai rimanenti stadi della turbina (3). I bruciatori EV sono del tipo Dry Low NOx, ovvero a basse emissioni di NOx, i bruciatori SEV invece sono a fiamma diffusiva. I bruciatori SEV non utilizzano aria come comburente, ma i fumi di scarico stessi dei bruciatori EV, espansi nel primo stadio della turbina. I bruciatori SEV agiscono, quindi, come bruciatori di “reburning” dei fumi, a basso contenuto di ossigeno, riducendo pertanto la formazione di NOx.

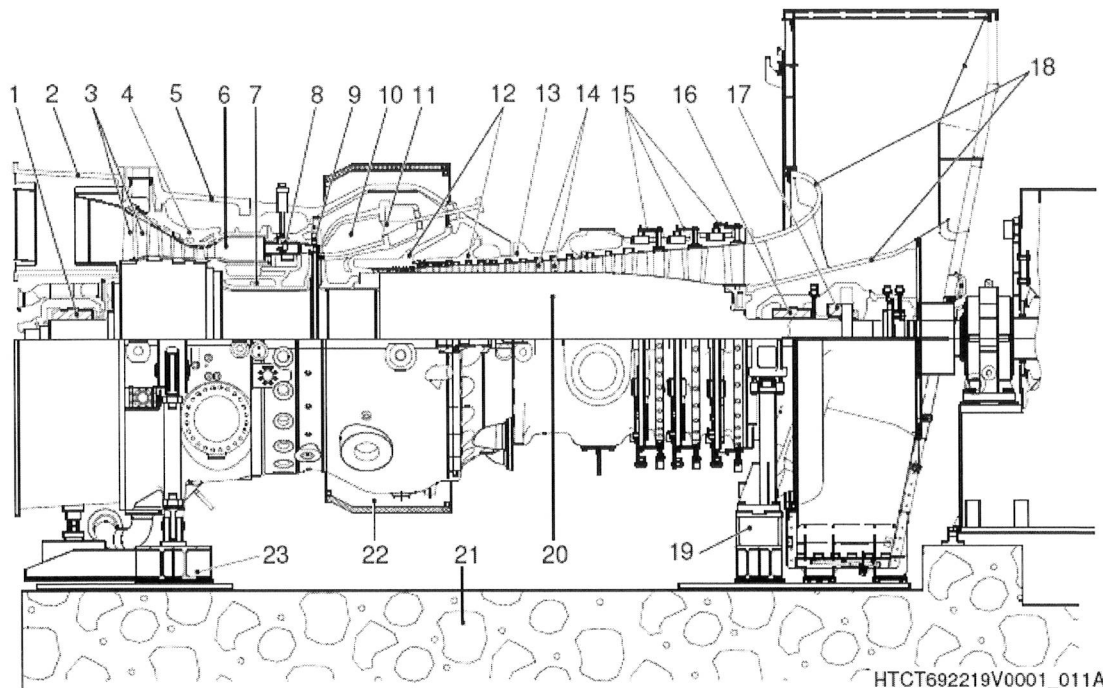
2.2. Controllo del CO: sistema di riduzione catalitica

Il sistema di combustione sequenziale, oltre che assicurare un accurato controllo delle emissioni di NOx anche ai carichi parziali, permette, da solo, anche il mantenimento delle emissioni di CO al di sotto dei limiti autorizzativi dell’impianto fino al 65 % del carico del ciclo combinato.

Per estendere il campo di controllo delle emissioni di CO sull'impianto di Gissi è stato installato, all'interno del generatore di vapore a recupero, un sistema di riduzione catalitica del monossido di carbonio che assicura il mantenimento dei valori di CO al di sotto dei valori sopraindicati fino a circa il 37% del carico del ciclo combinato. Carico che viene così a costituire il minimo tecnico dell'impianto.


La centrale di Gissi è uno dei primi impianti al mondo ad adottare questo tipo di catalizzatori che consentono di mantenere il livello delle emissioni di CO al di sotto dei limiti autorizzativi con valori così bassi del carico della turbina.

Non essendo ancora disponibili esperienze consolidate sul funzionamento nel lungo periodo di questi catalizzatori, i dati qui riportati (dati di progetto) potrebbero subire aggiornamenti e variazioni in relazione alle esperienze che saranno maturate durante l'esercizio.



Pos.	Descrizione	Pos.	Descrizione	Pos.	Descrizione
1	Cuscinetto portante lato turbina	9	Turbina AP	17	Cuscinetto reggispinna
2	Carcassa di scarico	10	Camera di combustione EV	18	Carcassa di aspirazione del compressore
3	Palettatura turbina BP	11	Brucciore EV con lancia combustibile	19	Supporto compressore
4	Supporto palette della turbina	12	Supporto palette del compressore	20	Rotore
5	Alloggiamento turbina	13	Carcassa del compressore	21	Fondamenta
6	Camera di combustione SEV	14	Palettatura compressore	22	Sistema di avvolgimento della carcassa con aria (CMAS)
7	Copertura rotore	15	Palette direttrici mobili	23	Supporto turbina
8	Lancia combustibile SEV	16	Cuscinetto portante lato compressore		

Fig. 1 – Sezione del blocco termico della turbina a gas Alstom GT 26 B

 Gruppo a2a	ABE/CEG/ESE
	Doc.: AE-ESE-RT-001 Rev.: 2 Data: 27/01/2010
	Foglio 7 di 17

3. SEQUENZA DI AVVIAMENTO

L'avviamento del turbogas avviene in modo automatico a seguito di un comando di start dato dall'operatore. Il turbogas viene messo in rotazione per mezzo dell'alternatore, che inizialmente funziona come un motore elettrico assorbendo energia dalla rete (RTN).

Dopo aver completato la fase di "lavaggio" del generatore di vapore a recupero (GVR), per svuotarlo da eventuali incombusti che potrebbero causare rischi di accensioni nel GVR stesso, raggiunto il corretto numero di giri della macchina, vengono accese le torce di accensione, e immediatamente dopo, la prima corona di bruciatori (bruciatori EV). Una volta accesi i bruciatori EV, le torce di accensione vengono spente.

Dopo l'accensione della fiamma dei bruciatori EV viene aumentata gradualmente la portata di gas naturale e vengono aperte le pale a regolazione variabile (VIGV – rif. n.15 della fig. 1) delle prime file statoriche del compressore (per permettere un maggiore afflusso di aria).

Nel frattempo vengono chiuse gradualmente le valvole di blow-off del compressore, inizialmente aperte per ridurre l'assorbimento di potenza meccanica fornita dall'alternatore per la rotazione dell'albero, in modo da permettere all'intera portata di aria di raggiungere la camera di combustione.

Superata la velocità di rotazione che permette all'albero della turbina di continuare la rotazione senza il supporto dell'alternatore (che sta ancora funzionando come motore), quest'ultimo viene disattivato. Sempre sfruttando i soli bruciatori EV e aumentando la portata di gas naturale il turbogas raggiunge la velocità nominale (3000 giri/').

A partire da questo momento l'alternatore viene sincronizzato con la rete (chiusura dell'interruttore di macchina) e quindi inizia effettivamente a produrre energia elettrica e ad immetterla in rete. Il carico viene aumentato gradualmente, fino a che la temperatura dei fumi in uscita dell'EV è sufficiente a garantire l'accensione del gas nei bruciatori SEV che, quindi, iniziano ad essere alimentati.

Per mezzo dell'aumento della portata di gas e dell'apertura graduale delle VIGV il turbogas viene fatto gradualmente salire di carico, in modo da riscaldare gradualmente l'acqua presente nel generatore di vapore a recupero e produrre il vapore necessario dapprima per alimentare gli eiettori in modo da creare il vuoto nella turbina a vapore e nel condensatore ed in seguito per il funzionamento della turbina a vapore stessa. Quando il vapore ha raggiunto il grado di surriscaldamento sufficiente viene inviato dapprima direttamente al condensatore per mezzo delle valvole di bypass della turbina a vapore, ed in seguito, man mano che il suo grado di surriscaldamento aumenta, in turbina per mezzo dell'apertura graduale delle valvole di ammissione, apertura graduale che permette un riscaldamento graduale delle parti metalliche costituenti la turbina a vapore.

La potenza prodotta dall'unità da questo momento in poi viene regolata unicamente dal turbogas, la turbina a vapore ed il generatore di vapore a recupero sfruttano tutto il calore possibile reso disponibile nei gas di scarico dal turbogas.

Tipiche curve di avviamento sono riportate in fig. 2a, 2b e 2c.

Le sequenze di avviamento vengono classificate in:

- Cold start (fig. 2a)
- Warm start (fig. 2b)
- Hot start (fig. 2c).

La sequenza di avviamento pertinente dipende dalle temperature a cui si trovano le parti metalliche delle turbine. Questa temperatura tra i molti fattori dipende anche dalla durata della fermata precedente.

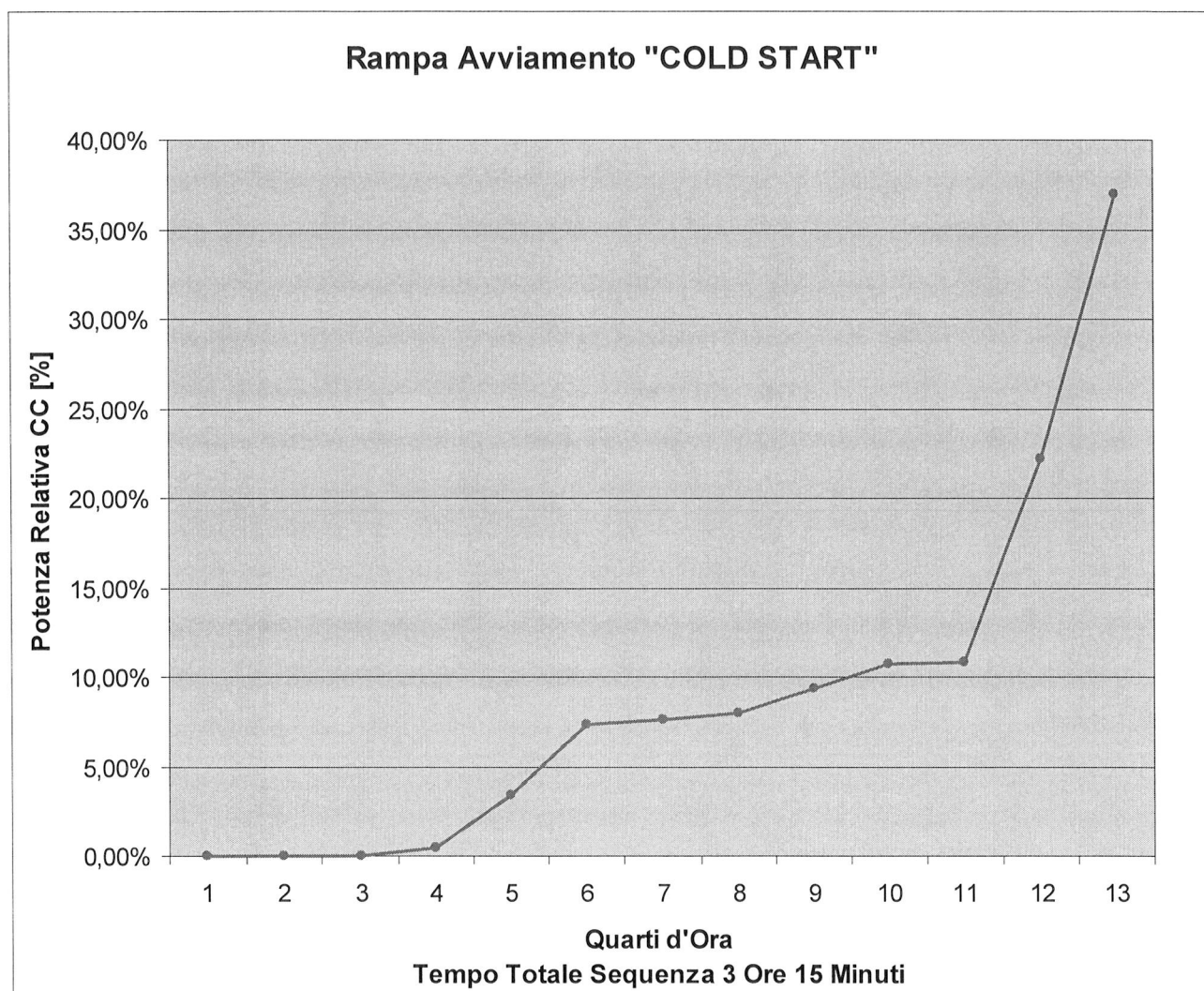


Figura 2a – Curva di avviamento tipica (cold start)

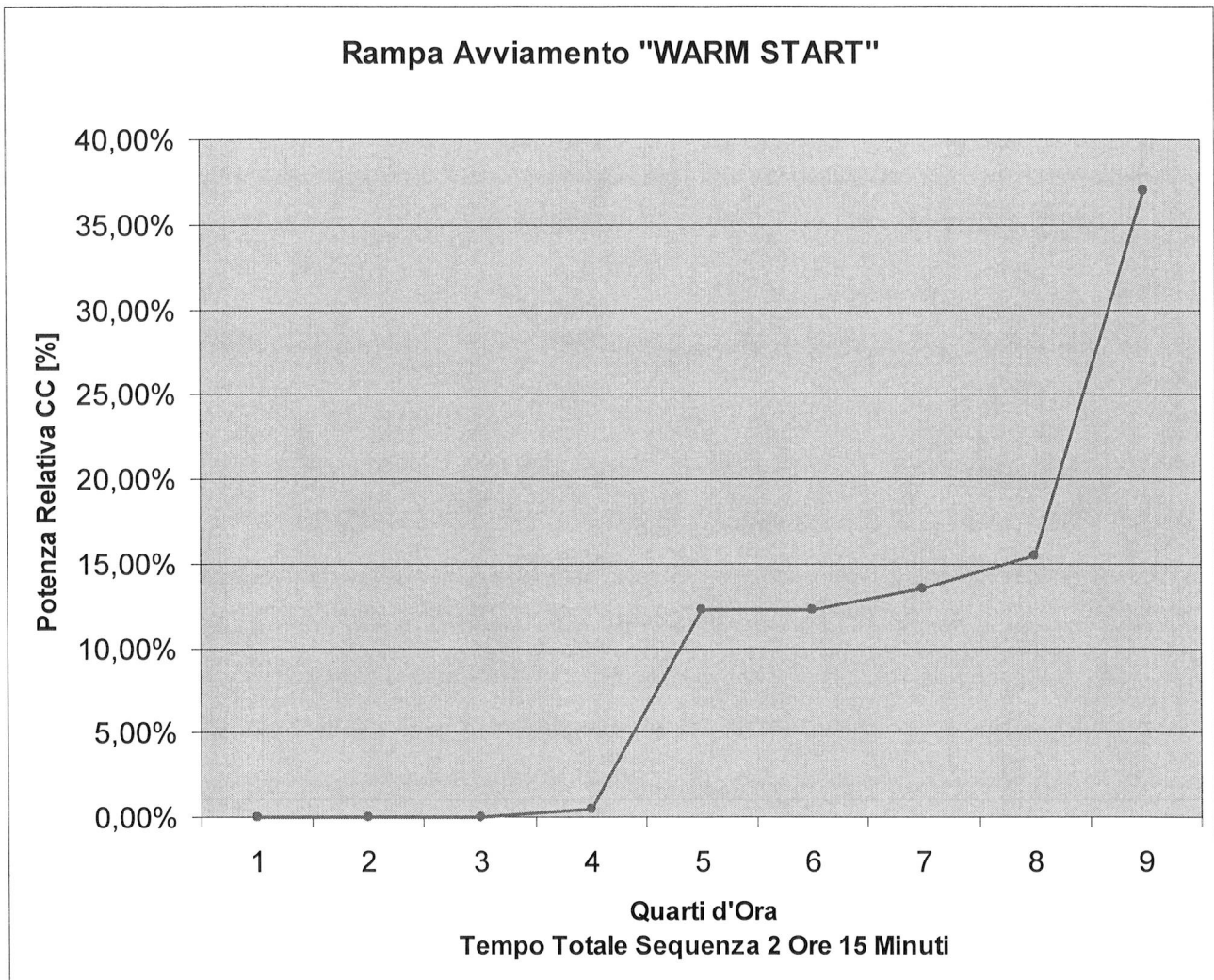


Figura 2b – Curva di avviamento tipica (warm start)

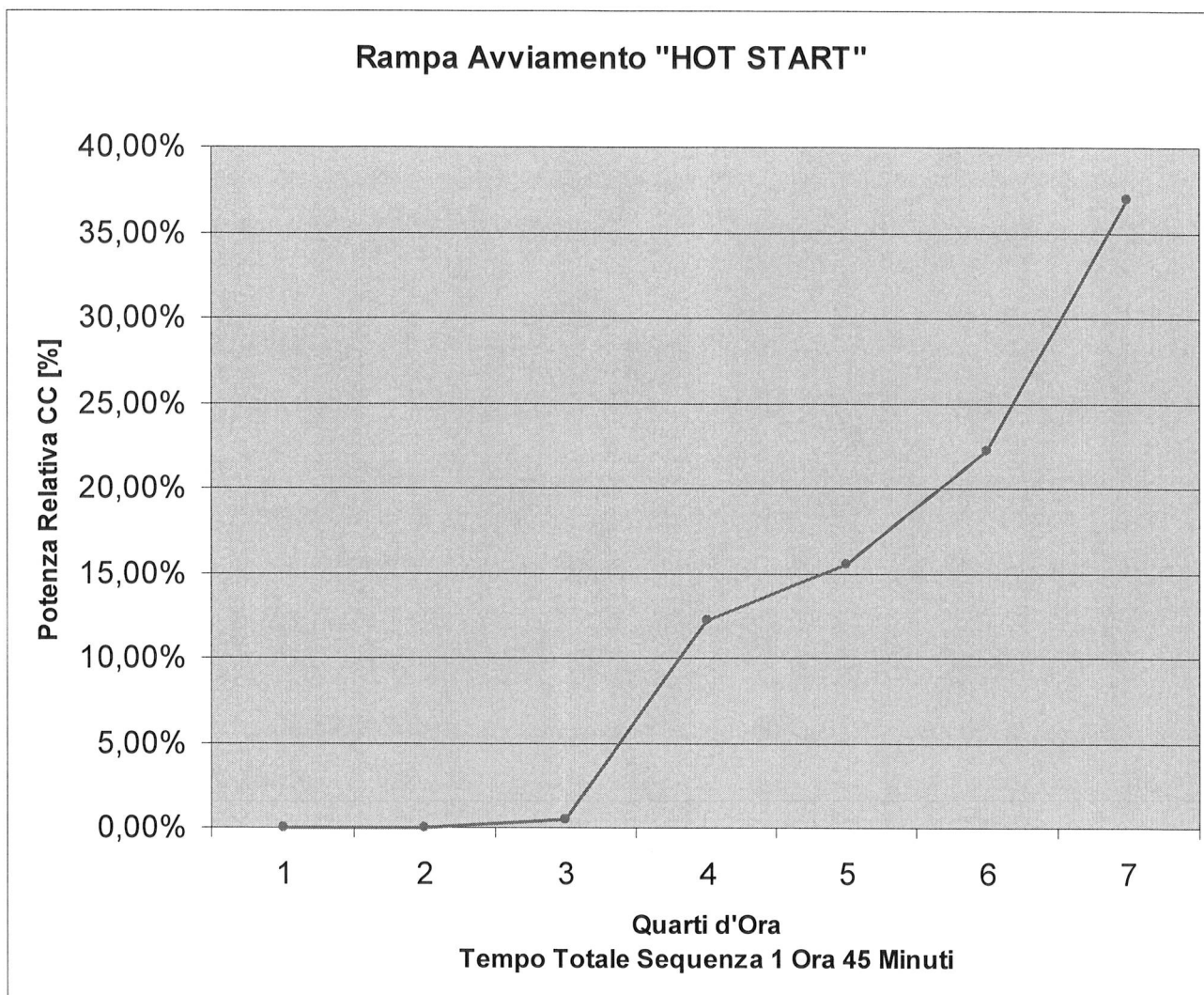


Figura 2c – Curva di avviamento tipica (hot start)


3.1. Funzionamento in MSD

Il Mercato dei Servizi di Dispacciamento (MSD) è una particolare condizione di vendita sul mercato dell'energia.

Nel caso in cui l'unità produttiva sia venduta in MSD, la rampa di avviamento da seguire è conseguenza di due condizioni che si combinano:

- le regole dettate dal codice di rete TERNA,
- le condizioni termiche dell'unità nel momento in cui deve iniziare la fase di avviamento.

Questa combinazione può portare al verificarsi di una delle tre rampe precedentemente descritte (cold, warm e hot start) o ad una sequenza di avviamento frutto dell'interpolazione di queste ultime.

 Gruppo a2a	ABE/CEG/ESE
	Doc.: AE-ESE-RT-001 Rev.: 2 Data: 27/01/2010
	Foglio 13 di 17

4. SEQUENZA DI FERMATA

La procedura di fermata dell'impianto prevede inizialmente di diminuire il carico del turbogas fino al minimo tecnico.

Raggiunto tale valore il vapore viene mandato in bypass poiché al di sotto di tale carico non si troverebbe più a temperatura sufficientemente elevata da essere immesso nella turbina a vapore. La turbina a vapore viene così scaricata chiudendo le valvole di ammissione del vapore.

Il turbogas può quindi continuare la discesa di carico (chiudendo gradualmente le valvole del gas naturale), fino allo spegnimento completo dei bruciatori SEV.

Una volta spenti i bruciatori SEV viene aperto l'interruttore di macchina per sconnettere l'impianto dalla rete elettrica ad alta tensione.

A questo punto il turbogas rimane al numero di giri nominale per mezzo dei soli bruciatori EV per un tempo sufficiente a garantire il raffreddamento graduale delle parti calde.

Dopo questo tempo le valvole del gas naturale vengono chiuse e la combustione arrestata, vengono aperte le valvole di blow-off del compressore e la macchina viene quindi lasciata rallentare naturalmente.

Una tipica curva di fermata (shut down) è mostrata in fig. 3.

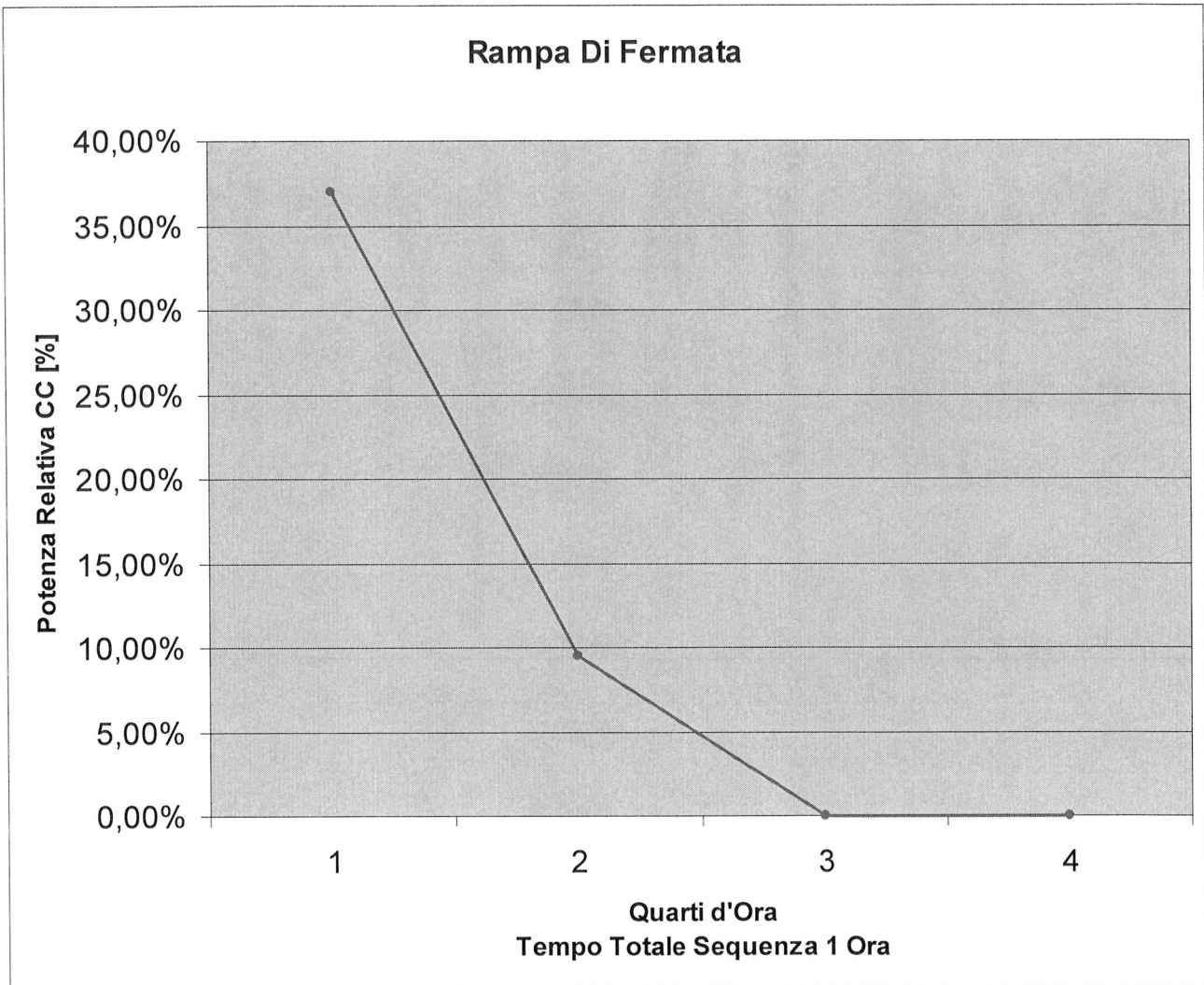



Figura 3 – Curva di fermata tipica

 Gruppo a2a	ABE/CEG/ESE
	Doc.: AE-ESE-RT-001 Rev.: 2 Data: 27/01/2010
	Foglio 15 di 17

5. LOW LOAD OPERATION POINT

Per migliorare ulteriormente il controllo delle emissioni ai bassi carichi e la flessibilità di funzionamento, la centrale di Gissi prevede l'utilizzo di un innovativo sistema di controllo della combustione della turbina a gas ed un particolare controllo della temperatura del vapore, inviato alla turbina a vapore, denominato "Low Load Operation Point" (LLOP). Questo sistema costituisce, ad oggi, la prima applicazione industriale del genere in Italia ed è possibile unicamente con la tipologia di turbine a gas Alstom GT 26B poiché esse sono dotate, come visto, di due file di bruciatori indipendenti. Nella modalità di funzionamento LLOP i bruciatori SEV vengono spenti e la turbina a gas viene esercitata con i soli bruciatori EV. Questa modalità è stata specificamente ottimizzata dal costruttore (a seguito di campagne di test condotte sia nei propri laboratori ed impianti pilota, sia durante la fase di messa in servizio e test della centrale di Gissi) e consente di porre ciascuna unità di produzione, nel rispetto dei limiti autorizzati, in uno stato stazionario con carico pari a circa il 20% del Carico Massimo Continuo del ciclo combinato.

Alla modalità di funzionamento LLOP (al 20% del carico e quindi al di sotto del minimo tecnico pari al 37%), risultano associati due ulteriori periodi transitori di funzionamento: transitorio di discesa di carico da minimo tecnico a LLOP, e transitorio di risalita di carico da LLOP a minimo tecnico. Questa condizione di funzionamento presenta il vantaggio di evitare i frequenti avviamenti ed arresti determinati dal mercato, riducendo significativamente le relative rampe e le emissioni conseguenti a tali fasi di esercizio; esso contribuisce inoltre alla stabilità di esercizio della rete di trasmissione nazionale (RTN) che può avere a disposizione una "riserva rotante", in grado di reagire in tempi contenuti ad eventuali richieste di potenza della RTN.

Tipiche curve di tali transitori di ingresso e uscita dalla modalità LLOP sono riportate in fig. 4a e 4b.

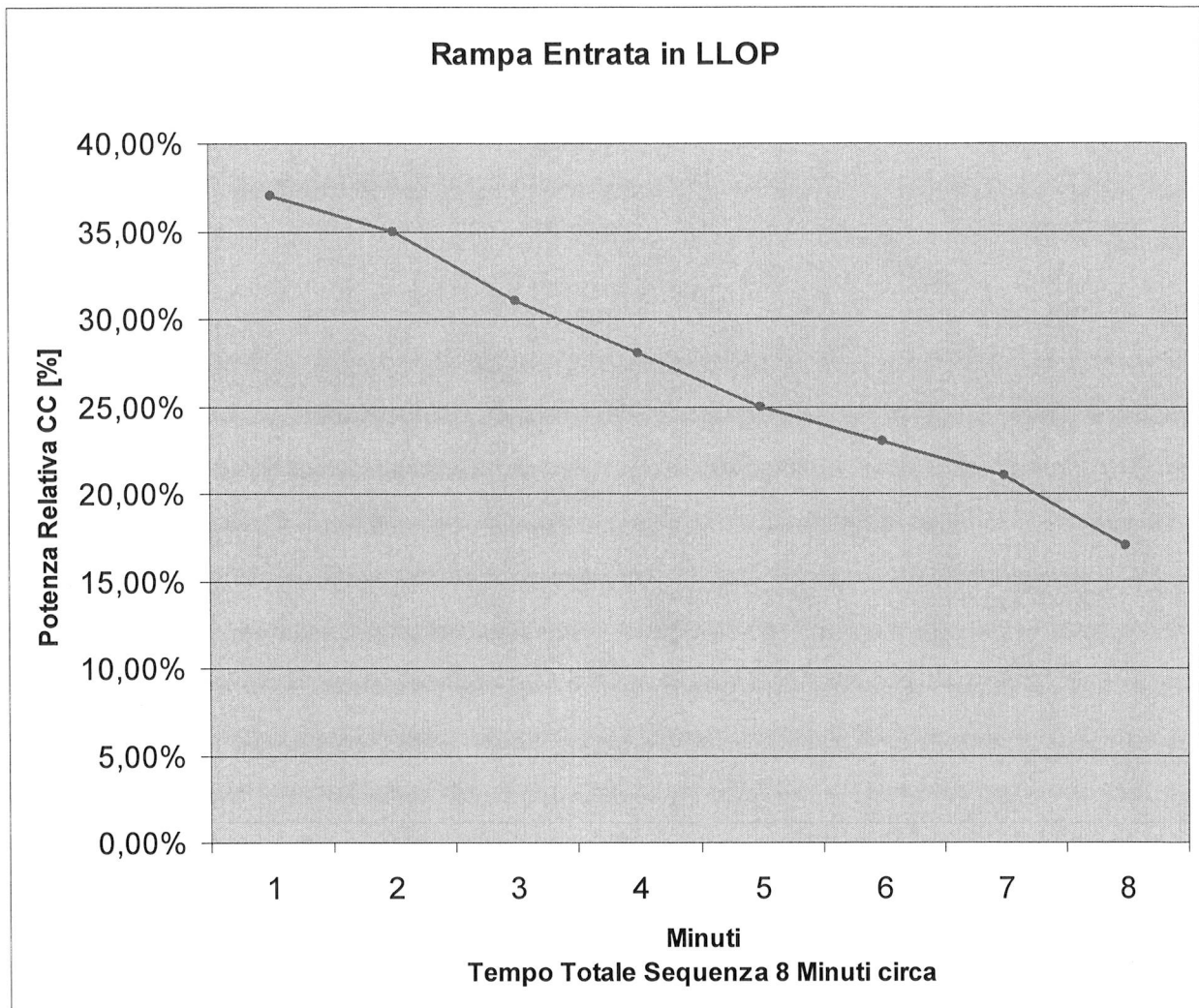


Fig. 4a – Curva tipica di entrata in Low Load Operation Point

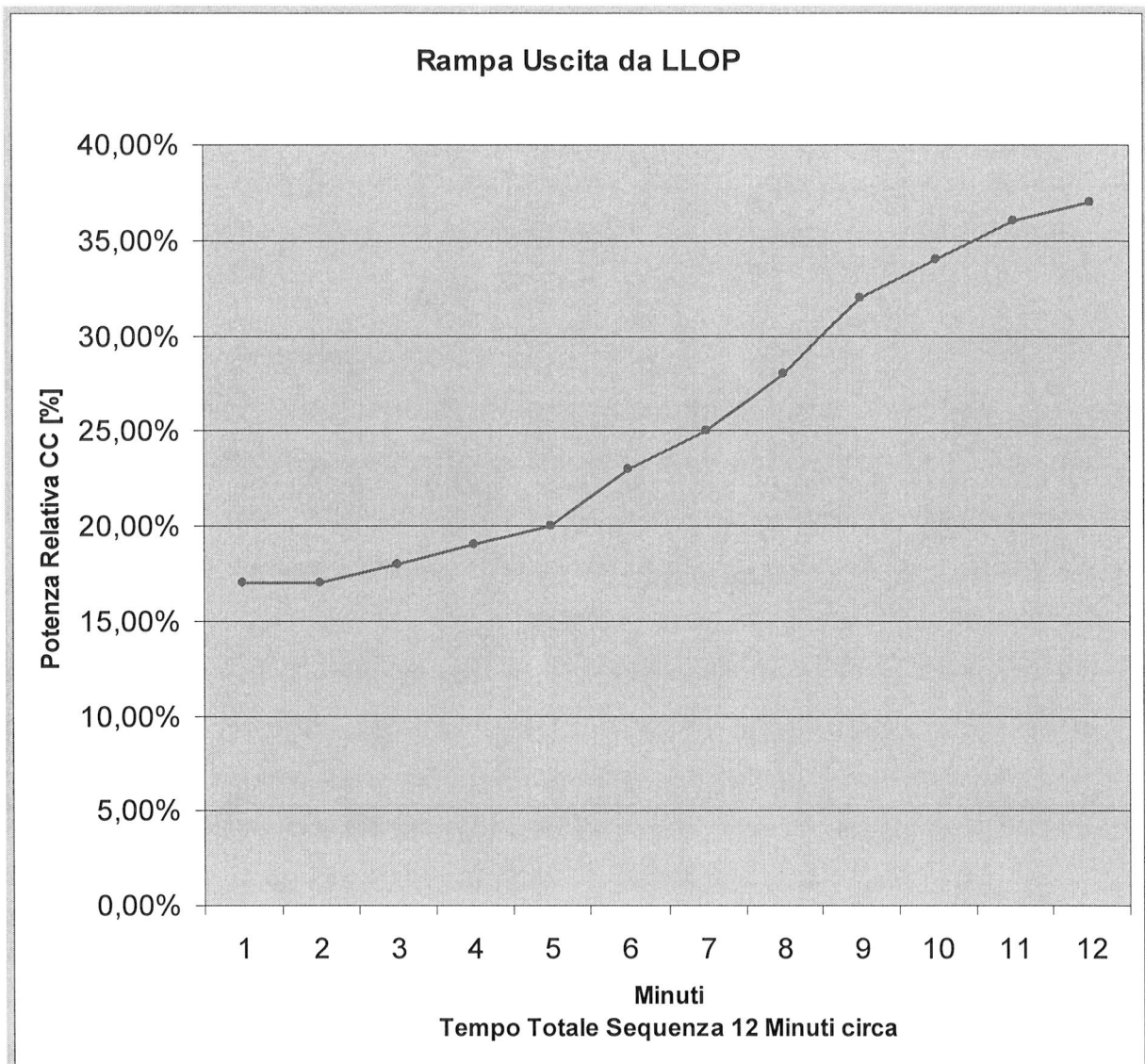


Fig. 4b – Curva tipica di uscita da Low Load Operation Point