



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Progetto costruttivo di un impianto di digestione anaerobica mobile (DMM-6000)

Giuseppe Gherardi, Alessandro Atti



Ecoinnovative Technologies srl

PROGETTO COSTRUTTIVO DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA MOBILE (DMM-6000)

Giuseppe Gherardi, Alessandro Atti (Ecoinnovative Technologies srl)

Settembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto: Studi sulla produzione elettrica locale da biomasse a scarti

Responsabile Progetto: Angelo Moreno, ENEA



ET- Ecoinnovative Technologies S.r.l.
Spin-Off ENEA

Sigla di identificazione	ET - DMM - T003	Distrib. R	Pag. 1 di 21
Tipologia del documento:	Relazione Tecnica	Descrittori:	Biogas, DMM, Digestione Anaerobica, , Coltura marginale

Titolo

Progetto costruttivo di DMM-6000®

Sommario

Il DMM6000® è un Digestore Modulare Mobile per la produzione di biogas con processo anaerobico su biomassa in dispersione liquida per una capacità di 6000 litri basato su un prototipo DMM di capacità più limitata già realizzato ed esercito da ET.

Note

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSION	08/08/11	NOME	G. Gherardi		Alessandro Atti
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T003	0	R	2	21

Indice

1. Descrizione General
2. Descrizione delle parti costituenti meccaniche e impiantistiche
 - 2.1 Il contenitore principale
 - Corpo principale
 - Corpo anteriore di separazione dei peli liberi e scarico digestato
 - Coperchio anteriore con agitatore motorizzato
 - 2.2 Dispositivi di equipaggiamento per esercizio
 - Agitatore interno con relativa motorizzazione e riduttore di giri
 - Dispositivi di termostatazione
 - Dispositivo di guardia idraulica di separazione dei peli liberi
 - Dispositivi di deflusso dello sfioro
 - 2.3 Dispositivi di supporto e di trasporto
 - Telaio di supporto in assetto differenziato
 - Carrello di trasporto
- 3 Descrizione della parte elettrica e strumentazioni di macchina
 - 3.1 Parte elettrica di potenza
 - 3.2 Strumentazione
4. Elenco e disegni delle parti e schemi elettrici
 - 4.1 Disegni generali di assieme della macchina
 - Assetto di trasporto
 - Assetto di lavoro
 - 4.2 Disegni delle parti principali
 - Corpo principale
 - Corpo anteriore di separazione dei peli liberi
 - Piastra superiore con agitatore motorizzato
 - Pianale di supporto in doppio assetto
 - 4.3 Schemi elettrici
5. Interfacce e limiti di fornitura
 - 5.1 Pompa di carico della miscela preconfezionata in ingresso
 - 5.2 Allacciamenti elettrici
 - 5.3 Allacciamenti idraulici
 - 5.4 Scarico digestato
 - 5.5 Scarico depositi pesanti
 - 5.6 Prelievo campioni
 - 5.7 Interfaccia linea gas
 - 5.8 Interfaccia con le opere civili Piastra superiore con agitatore motorizzato



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T003	0	R	3	21

1. Descrizione Generale

1. Descrizione Generale

Il DMM6000® (Digestore Modulare Mobile con capacità 6000 litri) è un impianto pilota per la digestione anaerobica, costruito ed collaudato da ET-EcoinnovativeTechnologies S.r.l. L'impianto è montato su rimorchio omologato per il trasporto su strada. Questa configurazione lo rende facilmente trasportabile e installabile nel sito più opportuno per lo svolgimento di ciascuna campagna sperimentale.

Schematicamente l'impianto è costituito dal digestore, sorretto dalla sua struttura di supporto che è montata sul rimorchio stradale.

Il digestore è costituito da un serbatoio cilindrico e dai suoi ausiliari. Il serbatoio è il bioreattore in cui si realizza nelle condizioni di maggiore stabilità e produttività la digestione anaerobica e si genera il biogas. Gli ausiliari permettono di effettuare le funzioni di termostatazione, mescolamento del liquido, immissione della biomassa di alimento, prelievo del biogas per le analisi e l'eventuale utilizzo. Per il trasporto stradale il serbatoio deve essere vuoto e mantenuto in assetto orizzontale. Per l'esercizio, il rimorchio viene sollevato su piedini che scaricano gli assi delle ruote e il serbatoio viene inclinato all'angolo di lavoro e bloccato in tale posizione. Successivamente viene riempito secondo le procedure indicate nel capitolo "Esercizio", riscaldato e mantenuto alla temperatura desiderata. Nelle due settimane successive il processo di digestione anaerobica viene portato a regime operando essenzialmente sulla quantità giornaliera di alimentazione con biomassa. Il digestore viene alimentato quotidianamente con un'operazione di breve durata, che consiste nella immissione della biomassa attraverso l'apposita valvola sul fondo tronco conico del serbatoio. Il liquido eccedente (digestato) esce attraverso l'apposito sistema di sfioro realizzato nella parte anteriore, e viene convogliato in un recipiente di raccolta. La razione giornaliera, a seconda del tipo di biomassa, può essere di 50 - 100 kg di biomassa tal quale, opportunamente diluita con acqua o con la parte liquida del digestato.

Al termine della campagna sperimentale si procede al drenaggio e al lavaggio del digestore, che può quindi iniziare la campagna successiva oppure essere messo nell'assetto per il trasporto stradale.

Durante il funzionamento del digestore, il biogas prodotto è raccolto nella parte alta, dove sopra il pelo libero del liquido del cilindro è mantenuto un volume alla pressione di circa 200 mm d'acqua. Di qui il gas fluisce in modo controllato nella linea gas, all'esterno del serbatoio, verso il gorgogliatore e il contatore, che ne registra la quantità prodotta. Il gas potrà essere poi analizzato ed eventualmente utilizzato in un generatore.

Il digestore ha un diametro interno di 1680 mm e una lunghezza interna della virola cilindrica di 2650 mm dalla saldatura della virola al fondo tronco conico al setto di separazione che delimita il volume di espansione del gas. La virola continua oltre il setto e alloggia il secondo setto con funzione di stramazzo – il sistema dei due setti



realizza in modo semplice la guardia idraulica che evita il contatto della parte interna del digestore con l'aria. La virola è chiusa anteriormente dal un coperchio sul quale sono alloggiati il motoriduttore dell'agitatore e il gruppo di riscaldamento per la termostatazione. La lunghezza complessiva della virola cilindrica è di 3200 mm.

Il coperchio ha anche la funzione di confinare l'ambiente del digestore evitando la propagazione di odori nell'atmosfera.

Negli impianti pilota di tipo DMM il volume del liquido nel digestore può essere variato agendo sul livello del pelo libero interno, nell'intervallo tra 5 e 6 metri cubi: il valore è definito dall'inclinazione alla quale viene fatto lavorare (inclinazione fissa in questa versione), e dalla pressione del gas alla quale viene gestito, regolabile agendo sul livello del gorgogliatore.

Il sistema di guardia idraulica/stramazzo realizzato dai due setti assicura la tenuta al gas, trattenuto nella parte superiore del digestore e prelevato dall'apposita linea posta nel punto alto in prossimità del setto, e permette la fuoriuscita del liquido già digerito per compensare il volume immesso dalla valvola di carico.

Il serbatoio è dotato di una valvola di carico posto sul fondo, al quale va collegata la pompa di carico. Il bocchello è posizionato in modo da consentire l'alimentazione con pompa avite mediante una linea orizzontale.

Il fianco della virola cilindrica è attraversato da tre bocchelli di campionamento distribuiti a intervalli uguali sulla lunghezza del serbatoio. Da questi bocchelli sono prelevati periodicamente i campioni per la valutazione della stratificazione dei solidi e più in generale per monitorare il processo di digestione. Nelle stesse posizioni sono montate le termoresistenze per il monitoraggio e il controllo della temperatura nel digestore.

L'impianto è termostatato per funzionare a temperatura costante nell'intervallo da 30°C fino a 55°C, il sistema di termostatazione tollera mancanza di riscaldamento per più giorni con variazioni di temperatura compatibili con la continuità della campagna sperimentale (1,5 °C / giorno). In fase di avviamento dell'impianto, il riscaldamento dei 6000 litri ha una durata inferiore tre giorni circa, a seconda della temperatura iniziale e della temperatura di regime desiderata. Il riscaldamento in questa versione del DMM è realizzato con uno scambiatore immerso innovativo, a basso costo ed elevata resistenza all'ambiente aggressivo del digestore.

Scelta dei materiali strutturali: in un impianto pilota trasportabile, per soddisfare ai requisiti di leggerezza e stabilità trutturale, è necessario ricorrere a carpenterie metalliche. Nelle parti strutturali a contatto con il liquido del digestore, l'uso dell'acciaio inossidabile è praticamente una scelta obbligata, a causa dei fenomeni di corrosione che impediscono l'utilizzo di altri materiali strutturali più economici. Negli impianti fissi e di maggiori dimensioni si usano invece strutture in calcestruzzo o carpenteria metallica in acciaio al carbonio, protette dalla corrosione mediante liner di materiali sintetici o con protezioni superficiali equivalenti.



2. Descrizione delle parti costituenti meccaniche e impiantistiche

2.1 Il contenitore principale

Corpo principale

1 Serbatoio cilindrico in acciaio inox AISI 304, spessore 3 mm.

Dimensioni: \varnothing_i = mm. 1680, altezza della virola mm. 3200; fondello tronco conico in acciaio inox AISI 304, spessore 3 mm; altezza circa mm. 380, \varnothing parte piana = circa 600 mm (vedi disegni), entrambi esternamente coibentati con lana di roccia, protetta da rivestimento esterno in lamierino di alluminio da 10/10.

Dotato di:

- ✓ 2 valvole (di carico e scarico biomassa) sul fondello, \varnothing_i 1"1/2.
- ✓ 3 rubinetti di prelievo campioni liquidi sulla generatrice longitudinale \varnothing 3/4"
- ✓ 1 valvola di scarico gas montato sulla parte più alta della flangia \varnothing 1"1/4; pressione Max 400 mm H₂O nel plenum gas
- ✓ 2 valvole 3/4" di mandata del liquido di termostatazione, esterne al coperchio anteriore
- ✓ 2 valvole 3/4" di ritorno del liquido di termostatazione, esterne al coperchio anteriore
- ✓ 3 penetrazioni sede delle termoresistenze di misura temperatura (prossime ai 3 rubinetti di presa campioni). Profondità del pozzetto 100 mm
- ✓ 1 boccia cieca saldata internamente al fondello sull'asse centrale con funzioni reggispinta e guida radiale, un canotto di attraversamento dell'albero rotante che garantisce la tenuta di separazione dei peli liberi. Il canotto inox attraversa il setto n.1 a cui è saldato e riporta internamente una guida meccanica dell'albero in rotazione bagnato dal liquido interno (governo meccanico dell'albero rotante senza necessità di tenuta idraulica) ed un vincolo anti sfilamento del segmento interno dell'albero (vedi parte n.ro 4).

Corpo anteriore di separazione dei peli liberi e scarico digestato

2 Dettaglio parte anteriore

Primo setto a 2650 mm e secondo setto a 2900 mm sulla direttrice della virola. Piastra-coperchio a 3200 mm sulla direttrice della virola con porta gomma cilindrico \varnothing 250 mm per lo scarico del digestato in sfioramento saldato anteriormente in basso. Le parti in lamiera inox hanno uno spessore di 3 mm. All'interno di questo corpo è disposto un canotto di attraversamento dell'albero rotante (vedi parte n.ro 4) che garantisce la tenuta di separazione dei peli liberi. Il canotto inox attraversa il setto n.1 a cui è saldato e riporta internamente una guida meccanica dell'albero in rotazione bagnato dal liquido interno (governo meccanico dell'albero rotante senza necessità di tenuta idraulica) ed un vincolo anti sfilamento del segmento interno dell'albero. Il setto n. 2 non viene interessato dal canotto ma solo dall'attraversamento dell'estremità dell'albero rotante nudo su cui va realizzata una semplice tenuta idraulica per un battente liquido di max 400 mm. L'estremità anteriore è dotata di orecchie di riscontro esterne per il fissaggio della piastra-coperchio mediante bulloni.



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T003	0	R	6	21

3 Sistemi di supporto e rinforzo del contenitore

saranno costituiti da 2 elementi circolari disposti uno (C1) all'estremità posteriore della virola (adiacente alla giunzione col fondo tronco conico: 365 mm dall'orlo posteriore della virola), il secondo (C2) con la stessa configurazione geometrica, posizionato nella parte anteriore della virola, lungo la direttrice a 3090 mm dall'orlo posteriore della virola. Questi due elementi sono poi uniti tra loro da un elemento longitudinale (L1), opportunamente dimensionato, che corre lungo la generatrice inferiore della virola. Un terzo elemento circolare (C3) è saldato alla virola in posizione intermedia, con quota determinata dal dettaglio costruttivo rilevato in officina. Questi elementi strutturali esterni sono di "ferro verniciato" con tubi quadrati, con dimensione di 50*80 mm almeno e di spessore almeno di 4 mm. Gli elementi circolari saranno opportunamente calandrati e saldati alla virola e opportunamente protetti per evitare l'ossidazione.

Coperchio anteriore con agitatore motorizzato

4 Piastra-coperchio

con funzione di supporto del gruppo moto-riduttore e del riscaldatore dell'acqua del sistema di termostatazione, è dotata di corona di fissaggio esterna mediante bulloni sul cilindro. E' dotata di una piccola gonna in lamiera sottile saldata in funzione di paraspruzzi e limitazione delle sbavature liquide nelle fasi di sfioro. Una traversa a C, con contro flangia interna di opportuno spessore, supporta il segmento esterno dell'albero dell'agitatore interno, il gruppo motoriduttore flangiato e il boiler di riscaldamento acqua. Gli spessori indicativi della piastra-coperchio e della sua parte a supporto del gruppo motoriduttore saranno di 5 e 25 mm.

Coibentazione

5 Rivestimento con materiale termoisolante

Il fondo tronco conico e la virola cilindrica fino all'anello di rinforzo anteriore sono coibentati con lana di roccia, spessore 40 mm, conducibilità $< 0,040 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Il rivestimento è protetto esternamente da un lamierino di alluminio, spessore 10/10, con un sistema di fissaggio a leva facile da riaprire per controlli e manutenzioni.

Dovranno essere predisposti i distanziali e il sistemi di fissaggio del lamierino di copertura:

2.2 Dispositivi di equipaggiamento per esercizio

Agitatore interno con relativa motorizzazione e riduttore di giri

6 Sistema rotante di agitazione interna (vedi disegni) E' costituito da due segmenti di albero rotante. Il segmento di albero rotante interno al primo setto porta tre monopale = tridente (larghezza 100 mm lunghezza denti 800 mm) ed è appoggiato e guidato su due punti: un punto è la boccola cieca saldata internamente sull'asse centrale del fondello con funzioni reggispira e guida radiale; il secondo punto è la traversa a C anteriore, con



contro flangia interna di opportuno spessore. Questo segmento di albero rotante realizzabile in tubo inox avrà un tappo di riscontro (con la boccola cieca) e una corona (nella traversa a C) in materiale idoneo a fronteggiare l'usura e non corrodibile (pur considerando il basso carico di attrito in rotazione, infatti la rotazione avviene con velocità di circa 10 giri minuto per una vita di 20 minuti/ora nell'arco della durata di campagna di 6/8 mesi). All'altra estremità l'albero presenterà una lavorazione idonea a ricevere la coppia di rotazione da un secondo segmento di albero con un accoppiamento in montaggio di puro movimento assiale (maschio su femmina). Il secondo segmento d'albero, anteriore, sarà montato inserito sul motoriduttore, tenuto in posizione dal suo accoppiamento col gruppo, attraversando la piastra-coperchio ed il secondo setto con la sua guarnizione di tenuta idraulica.

Dispositivi di termostatazione

7 Circuito dell'acqua calda

I dispositivi di termostatazione sono costituiti da un riscaldatore d'acqua che a circuito chiuso viene inviata da una pompa a due scambiatori immersi installati all'interno del digestore. L'acqua è glicolata per la funzione antigelo in caso di arresto prolungato con impianto posizionato all'esterno. Il riscaldatore elettrico da 4 kW è montato sul coperchio del digestore in prossimità delle penetrazioni delle due tubazioni di mandata e delle due di ritorno ed ha dimensioni ridotte: 500 mm di lunghezza, con sezione quadrata di 120 mm di lato. I due scambiatori possono funzionare in parallelo, oppure se ne può tenere in funzione uno solo, isolando l'altro, in caso di malfunzionamento. Un solo scambiatore è in grado di svolgere la funzione di mantenimento della temperatura con temperatura esterna di zero gradi. Il dispositivo non lavora in pressione, è dotato di vaso di espansione, di regolazione della temperatura interna al riscaldatore e di protezione di temperatura della resistenza corazzata. La regolazione della temperatura all'interno del digestore è comandata da una delle tre termoresistenze montate in tre pozzetti sulla virola. Il dispositivo è certificato a norma.

Le verifiche effettuate con modello termico del digestore dimostrano che con questa coibentazione il digestore può restare per più di un giorno all'aperto a zero gradi – in caso di fuori servizio del sistema di riscaldamento ad acqua calda, con una variazione della temperatura di 1,5 °C. Ne segue che i processi di digestione anaerobica non vengono perturbati in misura significativa ai fini della campagna sperimentale, anche nel caso che la riparazione del sistema di riscaldamento si prolunghi per più giorni.

Dispositivo di guardia idraulica di separazione dei peli liberi

8 Guardia idraulica

La funzione di guardia idraulica garantisce la separazione dell'ambiente interno del digestore dall'atmosfera esterna, ed è realizzata dai due setti opportunamente sagomati. Il setto a contatto con il liquido e il gas all'interno del digestore presenta una luce inferiore che permette il deflusso dei liquidi nell'intercapedine tra i due setti. Le dimensioni di questa luce sono tali da non creare problemi di intasamento dovuto a depositi o formazioni di mucillaggine densa, e al tempo stesso di ridurre a un valore minimo i moti



convettivi tra l'ambiente del digestore e lo spazio tra i due setti. Il setto anteriore presenta una luce sagomata a stramazzo sulla base della esperienza sul precedente modello DMM2000. Nel volume tra i due setti ruota una pala collegata all'albero dell'agitatore, con la funzione di evitare la formazione di croste sul pelo libero del liquido.

Dispositivi di deflusso dello sfioro

8 Stramazzo

Il liquido all'interno del digestore viene spinto attraverso la luce in basso del setto2 in caso di immissione dalla valvola di arico (alimentazione quotidiana a regime, con portata dell'ordine del litro al secondo per la durata di qualche minuto. Il liquido può anche essere spinto verso l'uscita per effetto di variazioni del pelo libero all'interno del digestore, dovuto a variazioni della pressione del gas, ad esempio dovute a regolazione sul gorgogliatore. Il liquido quindi tracima dal setto 2 e cade nella parte bassa dello spazio tra il setto 2 e il coperchio. Qui si apre il collegamento a un tubo corrugato, diametro 250 mm, che porta il liquido a un contenitore temporaneo del digestato della capacità di 1000 litri. Il contenitore si riempie in tempi dell'ordine di una - due settimane, se non vi sono prelievi. Il contenitore è dotato di una griglia che permette una grossolana filtrazione delle formazioni più solide. All'interno del contenitore avviene poi una separazione tra la parte più liquida e le parti più dense che decantano sul fondo, mentre le schiume galleggiano. Questo rende possibile prelevare la parte liquida relativamente chiarificata per l'eventuale riutilizzo nella diluizione della biomassa di alimento. Questo riduce la quantità degli effluenti e recupera una piccola frazione di sostanze energetiche, ma può causare un aumento indesiderate di sostanze nel digestore, ad esempio composti azotati che possono inibire il processo. Il liquido viene quindi campionato per analisi di laboratorio, e in futuro potrà essere considerata l'opzione di effettuare trattamenti chimico fisici per eliminare questi effetti negativi.

Calcolo del volume di gas nel digestore

Il livello del liquido nel digestore è determinato dal livello nella camera tra setto1 e setto2 e dal livello nel gorgogliatore.

In funzionamento stazionario, il livello nella camera citata è quello del bordo di stramazzo (indicato nelle figura allegata). Il livello nel gorgogliatore può essere variato purché non casi l'abbassamento del livello nel digestore al di sotto del bordo del canotto assiale di guida dell'asse dell'agitatore.

Questa posizione, ancora lontana dai valori di funzionamento nominali, il volume del gas è di circa 500 litri.

In corrispondenza del livello nominale, il volume del gas è di circa 230 litri.

2.3 Dispositivi di supporto e di trasporto

Telaio di supporto in assetto differenziato

9 Telaio di supporto

Il telaio di supporto è costituito da un telaio orizzontale e da due ponti per sostenere il digestore in assetto di esercizio.



Il telaio orizzontale ha funzione di collegamento e rinforzo del rimorchio di trasporto, è costituito da due longheroni della stessa lunghezza del pianale del rimorchio e da cinque traverse saldate ai longheroni. Sulle due traverse alle estremità sono posizionati i rinforzi a cui vanno collegati i piedini di sostegno di tutto l'impianto durante il funzionamento. Il telaio orizzontale sarà fissato al rimorchio con bulloni.

I due ponti reggono il digestore mediante perni saldati ad anelli di rinforzo nell'assetto inclinato per l'esercizio.

Il ponte posteriore, di minori dimensioni, è fissato permanentemente al telaio orizzontale.

Il ponte anteriore è smontabile, e viene ripiegato nell'assetto orizzontale per il trasporto.

In questo assetto, il digestore poggia sul ponte posteriore ed è fissato meccanicamente nella parte anteriore a una delle traverse del telaio orizzontale.

Una volta posizionato nella piazzola dell'area sperimentale, l'apparato viene sollevato sui piedini che ne garantiscono la stabilità statica – scaricando così le ruote del rimorchio, Per passare dall'assetto orizzontale a quello inclinato si utilizza un semplice cricco meccanico, che fa ruotare l'apparato sui perni del ponte posteriore, e solleva la parte anteriore permettendo di montare e fissare in sicurezza il ponte anteriore, su cui l'apparato poggierà durante tutto l'esercizio sperimentale.

Carrello di trasporto

10 Il carrello è un rimorchio omologato per il trasporto stradale, a traino di una vettura, La progettazione ha tenuto conto dei vincoli dimensionali sull'ingombro su strada, delle limitazioni sul peso complessivo e delle specifiche sulla posizione del baricentro imposti dalla normativa per il trasporto su strada, per evitare la necessità ulteriori permessi del tipo trasporti eccezionali.

Specifiche:

Il rimorchio a due assi può trasportare fino a 18 quintali. Il pianale è lungo 4 metri e largo due, e l'ingombro complessivo dal bordo posteriore all'attacco al veicolo è di circa 5,5 metri.

Distribuzione della Massa a vuoto (cioè carico minimo):

45 kg Occhione

480 kg Assale

Distribuzione della Massa con carico generico, su strada (carico massimo 1800 kg):

1740 kg Assale

60 kg Carico Massimo sull'occhione (100kg Tecnicamente Ammissibili)

Prima del caricamento del liquido nel digestore, il DMM6000 deve essere posizionato sugli appositi piedini di supporto, e il carrello deve essere completamente scaricato dal peso dell'impianto.

Calcolo dei pesi complessivi del DMM600 con i dati del progetto costruttivo:

1618 kg peso totale (carrello + telaio + digestore +ausiliari, con serbatoio vuoto)

di cui:

525 kg peso carrello



240 kg peso telaio

853 kg peso digestore + ausiliari

Calcolo dei pesi su strada del DMM600 con i dati del progetto costruttivo, con ponte anteriore e coperchio e sue attinenze smontati:

1432 kg peso totale (carrello + telaio + digestore +ausiliari, con serbatoio vuoto)

di cui:

525 kg peso carrello

165 kg peso telaio

743 kg peso digestore + ausiliari

ne risultano:

1364 kg carico sugli assali (coperchio+attinenze e ponte anteriore smontati)

68 kg carico sull'occhione



3 Descrizione della parte elettrica e strumentazioni di macchina

Il quadro elettrico è fissato sul telaio di supporto del DMM6000. Progettato per l' esercizio dell'impianto all'aperto, è dotato di pulsante per l'arresto di emergenza e di prese per alimentare eventuali utenze elettriche aggiuntive, quali la pompa di alimento o i dispositivi di pretrattamento della biomassa, nel caso non siano diversamente serviti.

3.1 Parte elettrica di potenza

Il quadro elettrico, dopo l'allacciamento alla rete locale, alimenta due utenze, mediante le relative logiche di comando:

il riscaldatore che circola l'acqua calda : resistenza scaldante e pompa

l'agitatore: motore elettrico da 1,5 kW, 6 poli, ad azionamento temporizzato.

3.2 Strumentazione

La strumentazione di bordo è ridotta al minimo indispensabile alla rilevazione dei parametri fisici del processo. Infatti il DMM6000 deve operare in stretto coordinamento con un laboratorio dove vengono eseguite le misure chimico fisiche dei parametri del processo di digestione, operando su campioni prelevati sull'alimentazione, a diverse altezze del digestore, nel digestato e nel biogas prodotto.

I parametri fisici sorvegliati sono:

- temperatura a tre livelli all'interno del digestore (termoresistenze T100, con display nel quadro elettrico e rinvio a data logger)
- livello del liquido all'interno del digestore: rilevato indirettamente con precisione < 10 mm dalla misura del livello nel gorgogliatore
- frequenza di attivazione dell'agitatore: impostata nel programma di azionamento
- produzione oraria di biogas: contatore a valle del gorgogliatore.

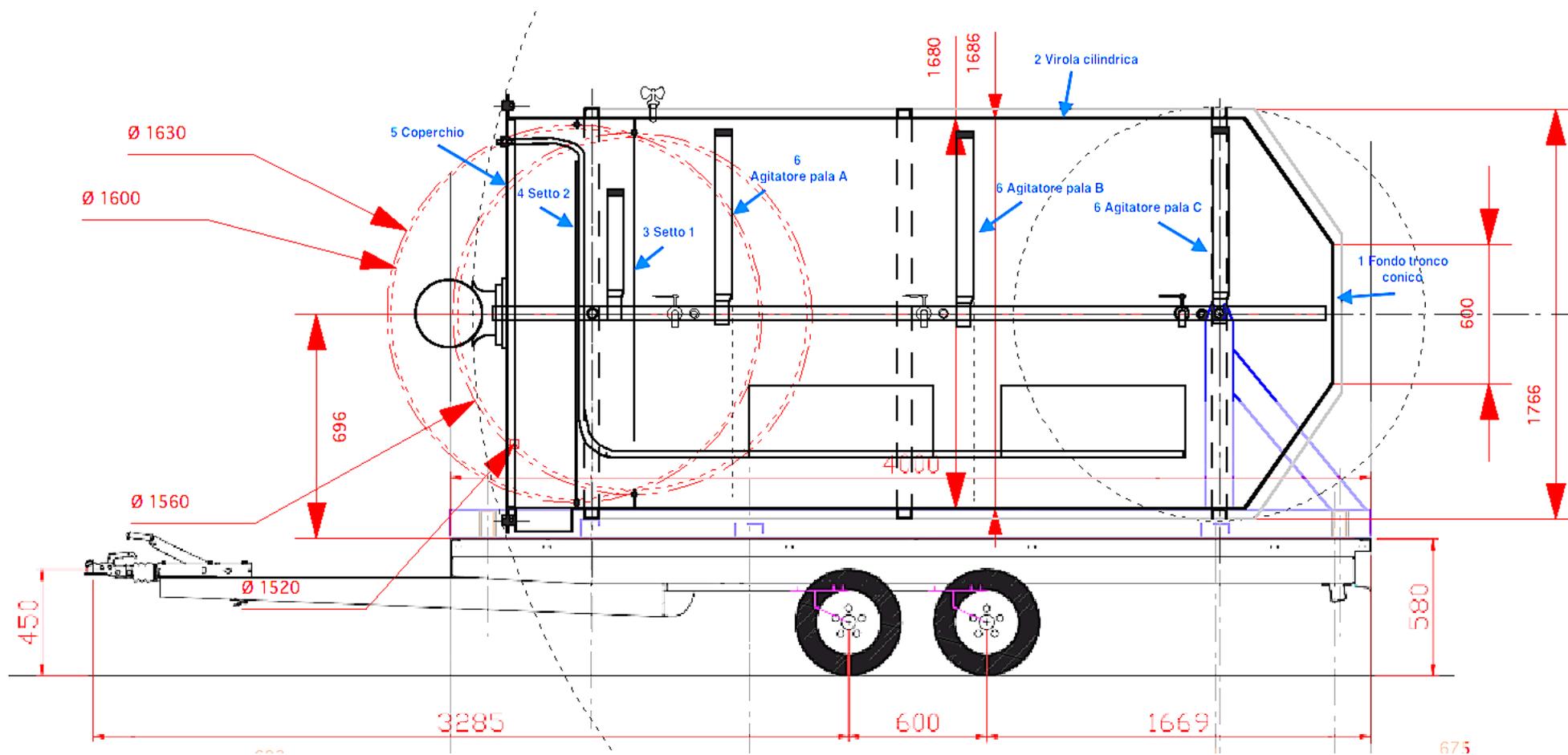
Sono essenziali all'elaborazione dei dati le rivelazioni dei dati su temperatura esterna e pressione atmosferica.



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T003	0	R	12	21

4. Elenco e disegni delle parti e schemi elettrici - 4.1 Disegni generali di assieme della macchina

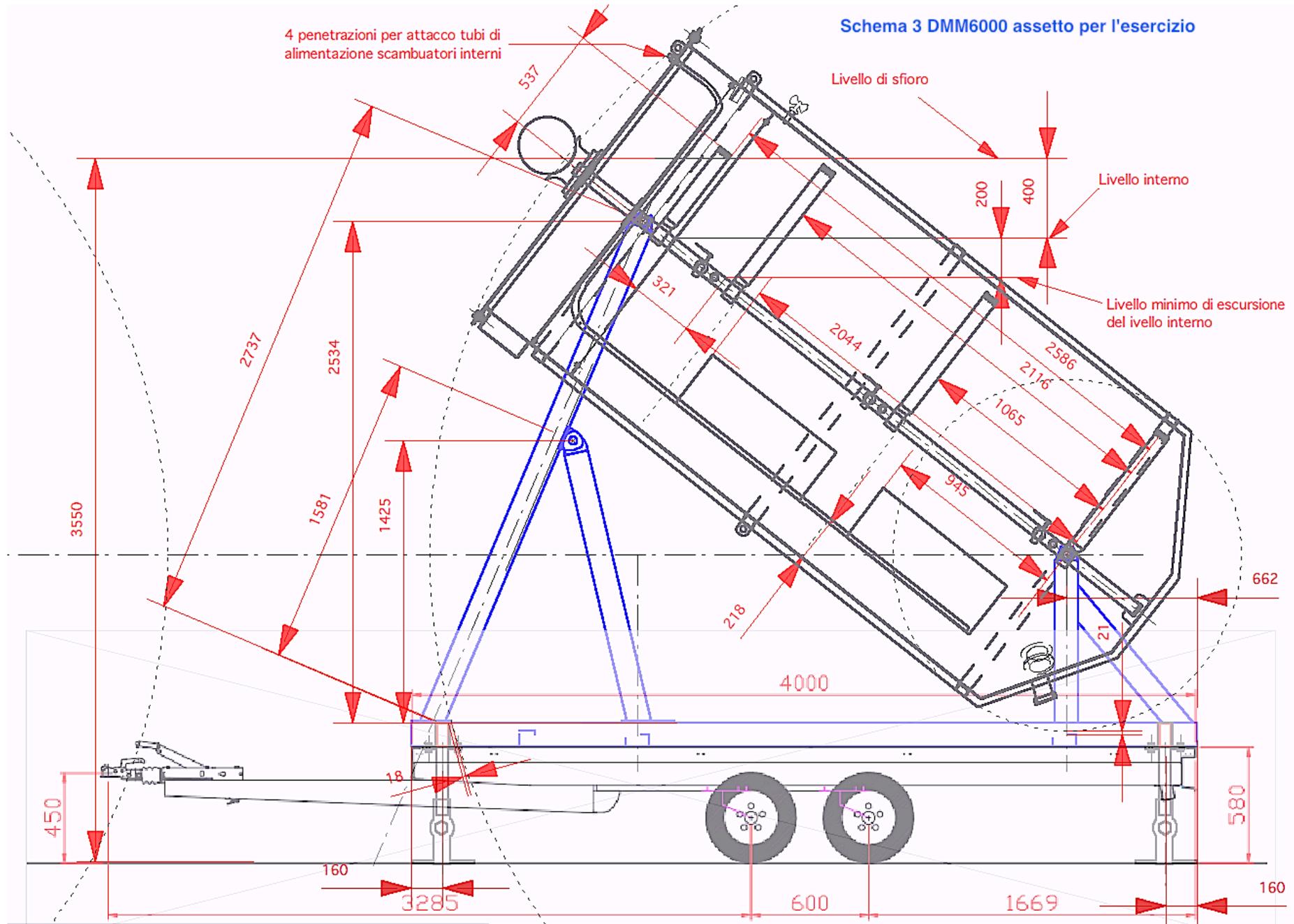
Schema 1 DMM6000 assetto per trasporto





Segna di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T003	0	R	14	21

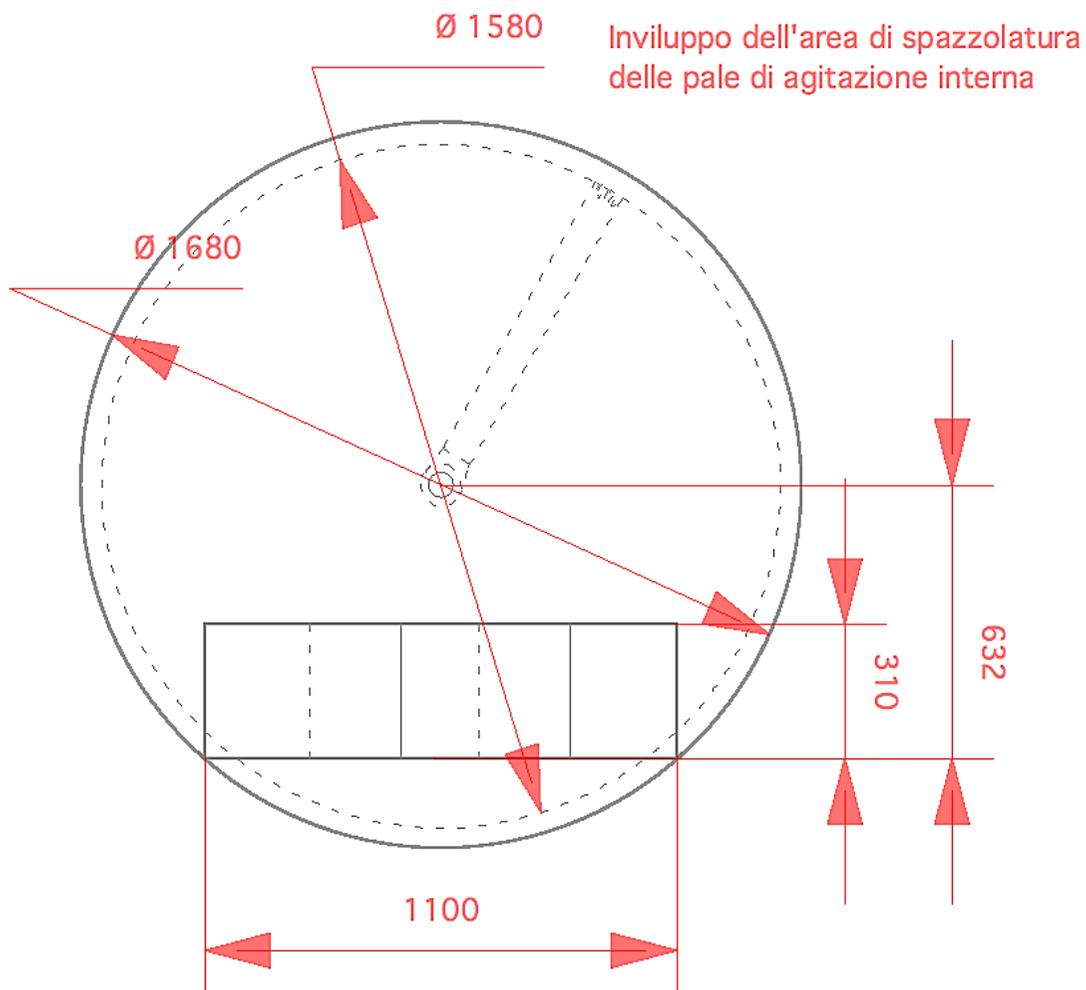
Schema 3 DMM6000 assetto per l'esercizio





Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T003	0	R	15	21

4.2 Disegni delle parti principali - Corpo principale Schema 4 Sistemazione dello scambiatore interno

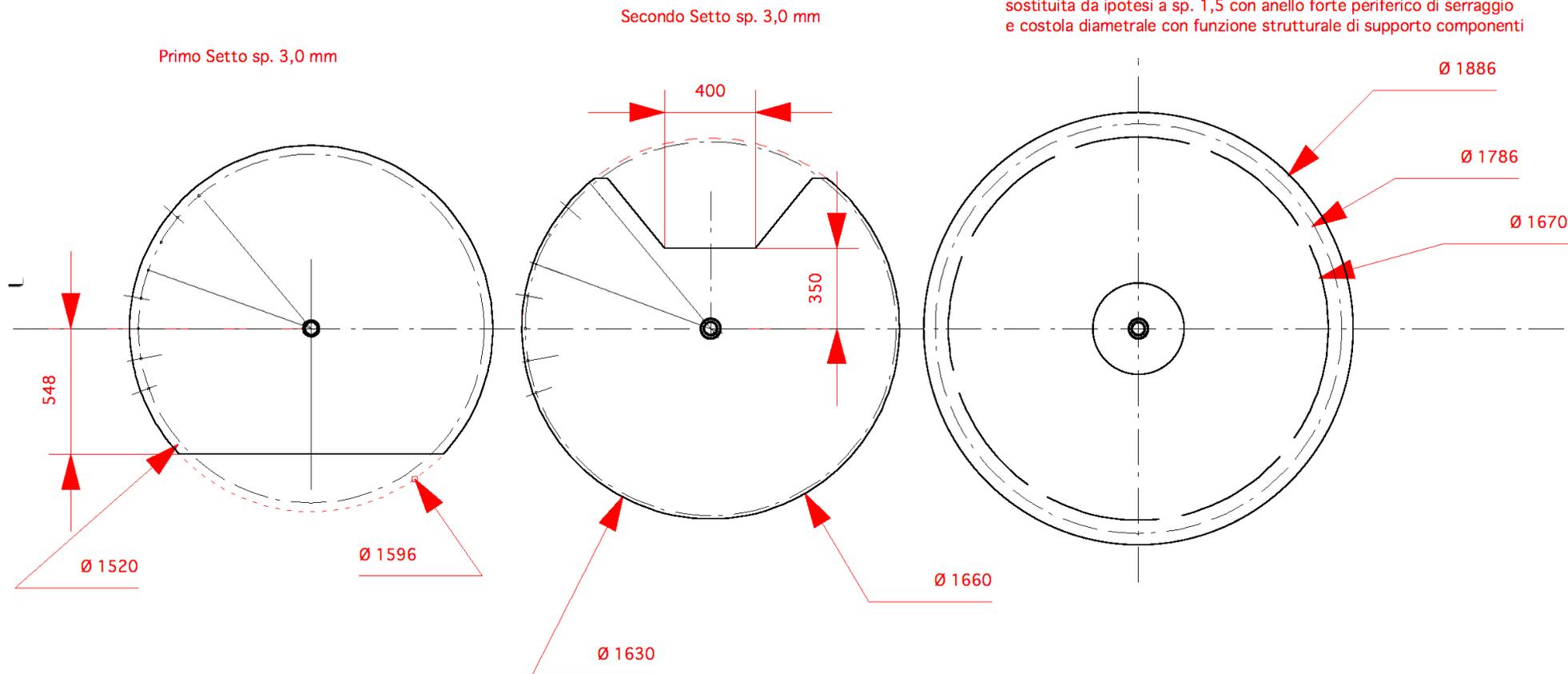




Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T003	0	R	16	21

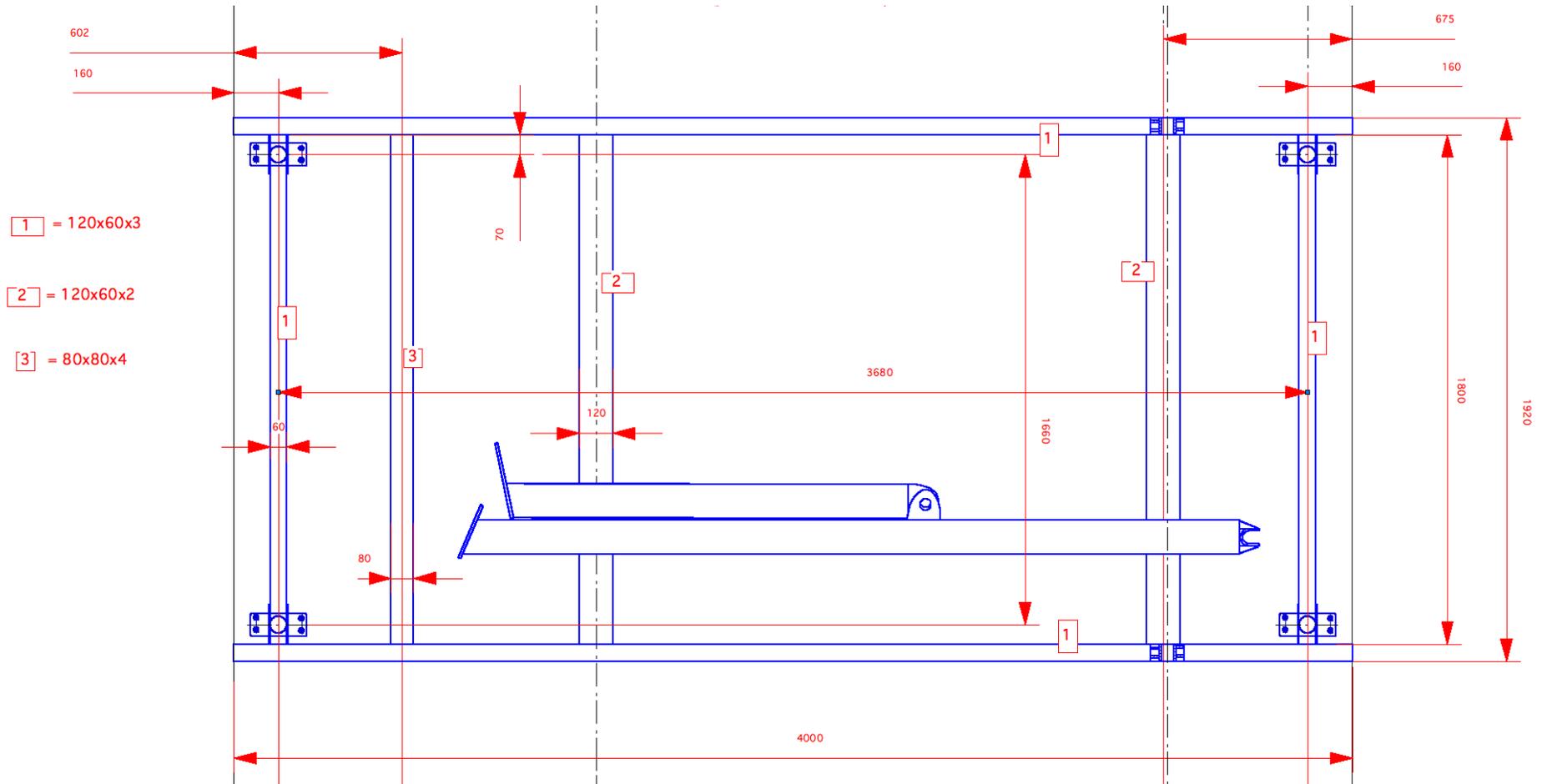
Corpo anteriore di separazione dei peli liberi Schema 5 Setti e coperchio

Pistra-Coperchio (con gonna para spruzzi)
Ipotesi a piastra sp. 5,0 mm da rivedere successivamente
sostituita da ipotesi a sp. 1,5 con anello forte periferico di serraggio
e costola diametrale con funzione strutturale di supporto componenti





Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T003	0	R	17	21





Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T003	0	R	19	21

4.3 Schemi elettrici

Saranno eseguiti dal fornitore sulla base delle specifiche funzionali

5. Interfacce e limiti di fornitura

5.1 Pompa di carico della miscela preconfezionata in ingresso

Si raccomanda di utilizzare una pompa a vite, in grado di movimentare anche slurry densi. La valvola di alimentazione è posizionata con asse orizzontale in previsione dell'uso di una pompa a vite.

La portata di carico non deve causare eccessive turbolenze all'interno del digestore, quindi la velocità di immissione deve essere inferiore a un metro al secondo. Riportata questa velocità al diametro della valvola, la portata non deve superare i 3,6 m³/ora, che comunque ridurrebbero il tempo di pompaggio per l'alimentazione giornaliera a meno di 3 minuti.

5.2 Allacciamenti elettrici

Il collegamento alla rete fissa si effettua con cavo volante opportunamente protetto, trifase 400V – 16 A con presa CE a 5 poli.

5.3 Allacciamenti idraulici

Per le esigenze del DMM è sufficiente un collegamento volante con tubo per fornire l'acqua per la diluizione della biomassa di alimento e per i lavaggi. Stima dei consumi: 100 litri/giorno.

5.4 Scarico digestato

Il digestato proveniente dal dispositivo di sfioro viene convogliato, senza praticamente contatto con l'atmosfera, al recipiente da 1000 litri appositamente posizionato in prossimità della verticale della parte anteriore dell'impianto. Il recipiente è dotato di una griglia con passo 10 mm per una grossolana separazione di grumi e mucillagini dense. Quando il livello nel recipiente supera metà dell'altezza, la parte liquida del digestato può essere prelevata da un punto almeno 20 cm sotto il livello (i depositi pesanti si sono depositati sul fondo e le schiume sono affiorate alla superficie)

5.5 Scarico dei depositi pesanti

I depositi pesanti sono scaricati dalla valvola posta con asse quasi verticale sulla superficie conica del fondo tronco conico, nel punto più basso del digestore. La pressione della colonna liquida soprastante assicura la fuoriuscita, che solo in casi particolari (ad esempio a fine campagna) e con livello del liquido ridotto al minimo, va aiutata meccanicamente con l'introduzione di un'asta sagomata.

I depositi sono raccolti in un recipiente posto sul piazzale sotto la verticale della valvola. La capacità necessaria è di 30 litri.



5.6 Prelievo campioni

Il prelievo campioni si effettua accedendo al fianco del DMM6000, dove si trovano tre rubinetti orientabili, che permettono il riempimento di portacampioni della capacità di un litro, senza rischi di fuoriuscita. Si raccomanda di predisporre un piccolo vano riparato per lo stoccaggio temporaneo dei campioni, nel caso che il laboratorio non sia a breve distanza ed immediatamente accessibile.

5.7 Interfaccia linea gas

La linea gas di pertinenza del DMM6000 termina nel gorgogliatore, che ha la duplice funzione di raccogliere eventuali frammenti di schiuma e di regolare e monitorare la pressione del gas nel digestore. Il gorgogliatore ha un diametro di 300 mm, un'altezza di 800 ed ha un coperchio a tenuta attraversato dal tubo di immissione, che scende fino a 30 mm dal fondo, e dal tubo di uscita, che entra per 50 mm sotto il coperchio.

Sul fondo è disposta una penetrazione per il drenaggio del gorgogliatore e sul coperchio una penetrazione per il riempimento.

Il livello dell'acqua all'interno è visibile all'esterno, con un'asta graduata che permette di stimarne la posizione con l'errore di 5 mm.

5.8 Interfaccia con le opere civili

L'area di lavoro deve essere accessibile da piazzale, permettere il collegamento alle utenze tecniche, essere approssimativamente piana e il pavimento deve sopportare il peso dell'impianto a pieno carico concentrato sui piedini.

L'impianto può operare all'aperto, ma è molto raccomandabile che sia disposto sotto una tettoia sia per evitare l'usura da esposizione diretta agli agenti atmosferici, sia per rendere più confortevole il lavoro di conduzione che, come detto, richiede l'intervento quotidiano dell'operatore, sia pure di breve durata, in qualsiasi condizione meteorologica.

Dimensioni dell'area di lavoro:

LUNGHEZZA del rimorchio 5584 mm

LARGHEZZA del rimorchio 2000 mm

L'accesso alle estremità del rimorchio deve essere ampio e privo di ostacoli, per consentire il posizionamento e la manutenzione dei contenitori per l'alimentazione e per lo scarico del digestato.

L'area di accesso ai fianchi deve essere larga almeno un metro.

Carico sulla piazzola

Il peso del dispositivo vuoto è inferiore a 1800 kg Il peso del dispositivo pieno è di circa 8000 kg

Il peso è suddiviso sui piedini (circa 2500 kg su ciascuno dei piedini posteriori e 1500 kg su quelli anteriori)

Con un coefficiente di sicurezza 1,7 ogni piedino dovrà reggere 4,25 tonnellate.

Annexo 1

Manuale di Esercizio dell'impianto pilota DMM-6000



ET- Ecoinnovative Technologies S.r.l.

Spin-Off ENEA

Sigla di identificazione	ET - DMM - T004	Distrib. R	Pag. 1 di 20
Tipologia del documento:	Relazione Tecnica	Descrittori:	Biogas, DMM, Digestione Anaerobica, Manuale esercizio

Titolo

Manuale di esercizio dell'impianto pilota DMM-6000®

Sommario

Il Manuale di esercizio descrive le procedure di avviamento, esercizio, arresto e manutenzione dell'impianto. Riporta inoltre le precauzioni di sicurezza e le raccomandazioni per migliorare la qualità delle prestazioni durante le campagne sperimentali. Il DMM6000® è un Digestore Modulare Mobile per la produzione di biogas con processo anaerobico su biomassa in dispersione liquida per un volume di 6000 litri basato su un prototipo DMM di capacità più limitata già realizzato ed esercito da ET.

Note

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	22/09/2011	NOME	G. Gherardi		Alessandro Atti
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

Via del Borgo di San Pietro, 26 - 40126 Bologna - Italia

Capitale sociale €. 10.000,00=

Codice fiscale e n. d'iscrizione al Registro delle Imprese di Bologna 02582611204

P.IVA n. 02582611204



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T004	0	R	2	20

Indice

1. Descrizione Generale
2. Messa in assetto
3. Avviamento
4. Esercizio
5. Arresti e Manutenzioni
6. Interruzioni non programmate dell'esercizio
7. Interfacce e limiti di fornitura
 - 7.1 Pretrattamento, miscelazione e alimentazione all'ingresso del DMM
 - 7.2 Scarico digestato
 - 7.3 Scarico depositi pesanti
 - 7.4 Prelievo campioni
 - 7.5 Interfaccia linea gas e cogeneratore
8. Allegati
 - 8.1 Elenco degli schemi dell'impianto
 - 8.2 Avvertenze per la sicurezza degli operatori e di protezione ambientale
 - 8.3 Tabelle dei consumi di acqua e di energia



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T004	0	R	3	20

1. Descrizione Generale

Il DMM6000® (Digestore Modulare Mobile con capacità 6000 litri) è un impianto pilota per la digestione anaerobica, costruito e collaudato da ET-Ecoinnovative Technologies S.r.l. L'impianto è montato su rimorchio omologato per il trasporto su strada. Questa configurazione lo rende facilmente trasportabile e installabile nel sito più opportuno per lo svolgimento di ciascuna campagna sperimentale.

Schematicamente l'impianto è costituito dal digestore, dalla struttura di supporto e dal rimorchio stradale. Il digestore è costituito da un serbatoio cilindrico e dai suoi ausiliari, montati su una struttura metallica di supporto a sua volta fissata al rimorchio stradale. Per il trasporto stradale il serbatoio deve essere vuoto e mantenuto in assetto orizzontale. Per l'esercizio il rimorchio viene sollevato su piedini che scaricano gli assi delle ruote e il serbatoio viene inclinato all'angolo di lavoro e bloccato in tale posizione. Successivamente viene riempito secondo le procedure indicate nel capitolo "Esercizio" e portato alla temperatura desiderata. Nelle due settimane successive il processo di digestione anaerobica viene portato a regime operando essenzialmente sulla quantità giornaliera di alimentazione con biomassa. Il digestore viene alimentato quotidianamente con un'operazione di breve durata, che consiste nella immissione della biomassa attraverso l'apposita valvola nel fondello – parte posteriore del cilindro. Il liquido eccedente esce attraverso l'apposito sistema di sfioro realizzato nel coperchio superiore e viene convogliato in un recipiente di raccolta. Le quantità giornaliere sono dell'ordine dei 50 kg di biomassa tal quale, opportunamente diluita.

Al termine della campagna sperimentale si procede al drenaggio e al lavaggio del digestore, che può quindi iniziare la campagna successiva oppure essere messo nell'assetto per il trasporto stradale.

Durante il funzionamento del digestore, il biogas prodotto è raccolto nella parte alta, dove sopra il pelo libero del liquido nel cilindro è mantenuto un volume alla pressione di circa 200 mm d'acqua. Di qui il gas fluisce nella linea gas, all'esterno del cilindro, verso il gorgogliatore e il contatore, che ne registra la quantità prodotta. Il gas potrà essere poi analizzato ed eventualmente utilizzato in un generatore.

Il digestore ha un diametro interno di 1680 mm e una lunghezza interna della virola cilindrica di 2650 mm, dalla saldatura della virola al fondo tronco conico al setto di separazione che delimita il volume di espansione del gas. La virola continua oltre il setto e alloggia il secondo setto con funzione di stramazzo e il coperchio sul quale sono alloggiati il motoriduttore dell'agitatore e il gruppo di riscaldamento per la termostatazione. La lunghezza complessiva della virola cilindrica è di 3200 mm.

Il volume del liquido nel digestore può essere variato agendo sul livello del pelo libero interno, nell'intervallo tra 5 e 6 metri cubi: il valore è definito dall'inclinazione alla quale viene fatto lavorare (inclinazione fissa in questa versione), e dalla pressione del gas alla quale viene gestito, regolabile agendo sul livello del gorgogliatore.

Il sistema di guardia idraulica/stramazzo realizzato dai due setti assicura la tenuta al gas, trattenuto nella parte superiore del reattore e prelevato dall'apposita linea posta nel punto alto in prossimità del setto, e permette la fuoriuscita del liquido già digerito per compensare il volume immesso dalla valvola di carico.



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T004	0	R	4	20

Il serbatoio è dotato di una valvola di carico posta sul fondello, alla quale va collegata la pompa di carico. La valvola è posizionata per consentire l'alimentazione con una linea orizzontale.

Il fianco della virola cilindrica è attraversato da tre bocchelli di campionamento distribuiti a intervalli regolari sulla lunghezza del serbatoio. Da questi bocchelli sono prelevati periodicamente i campioni per la valutazione della stratificazione dei solidi e più in generale per monitorare il processo di digestione. Nelle stesse posizioni sono montate le termoresistenze per il monitoraggio e il controllo della temperatura nel digestore.

L'impianto è termostato per funzionare a temperatura costante da 30°C fino a 55°C, il sistema di termostatazione tollera mancanza di riscaldamento per più di un giorno con variazioni di temperatura compatibili con la continuità della campagna sperimentale. In fase di avviamento dell'impianto, il riscaldamento dei 6000 litri ha una durata inferiore tre giorni circa, a seconda della temperatura iniziale e della temperatura di regime desiderata.



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T004	0	R	5	20

Segue Descrizione generale

Schema dell'impianto e nomenclatura: negli schemi quotati che seguono sono indicate le parti di impianto più frequentemente richiamate nel Manuale:

corpo del digestore:

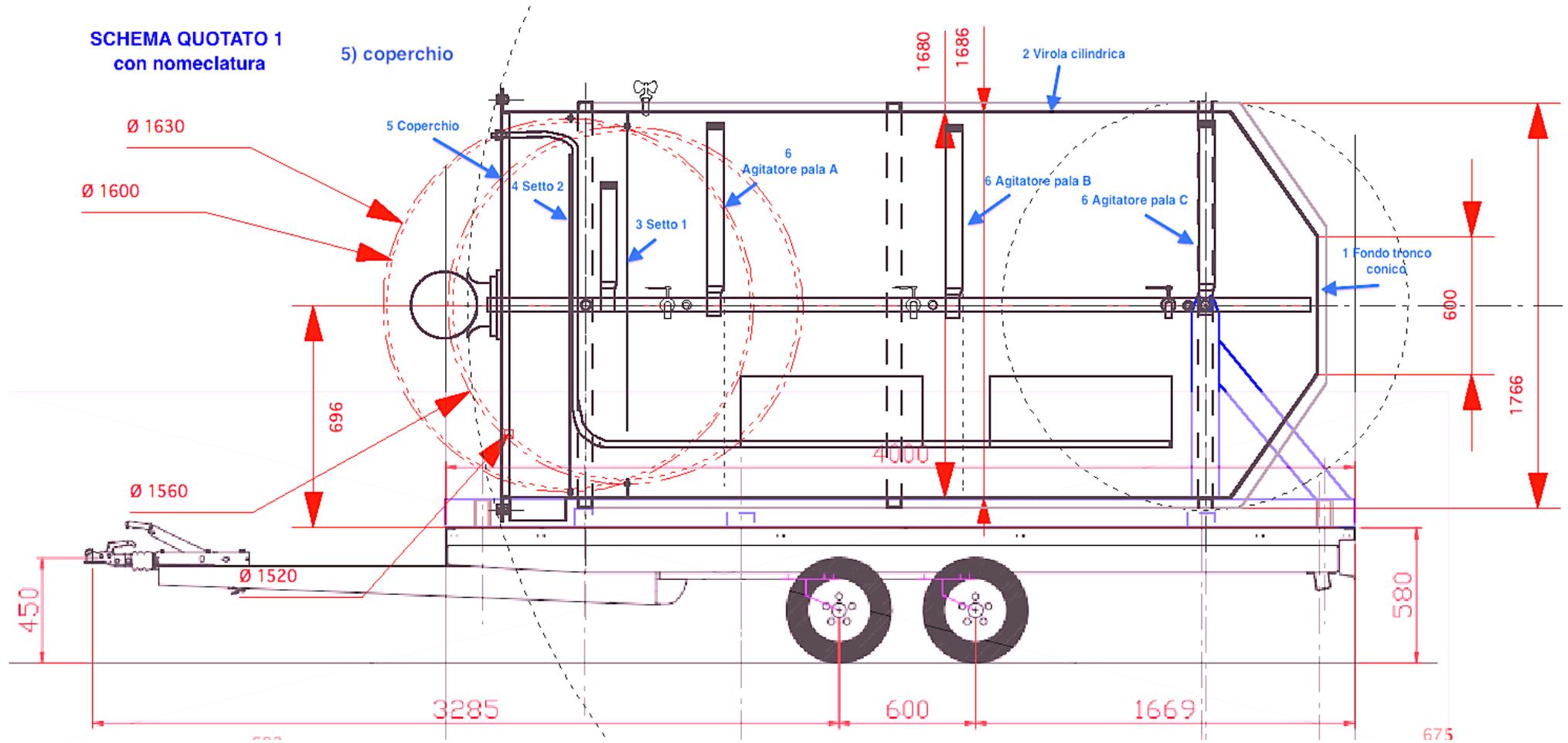
- 1 Fondo tronco conico
- 2 Virola cilindrica
- 3 Setto 1 (posteriore, con luce libera in basso)
- 4 Setto 2 (anteriore, con starmazzo)
- 5 Coperchio
- 6 Agitatore pale A B C D
- 7 Tubo collettore di scarico
- 8 Valvola alimentazione o di carico
- 9 Valvola drenaggio depositi pesanti o di scarico
- 10 Bocchelli prelievo A B C
- 11 Termoresistenze
- 12 Valvola linea gas
- 13 Motore e riduttore
- 14 Riscaldatore acqua
- 15 Scambiatori

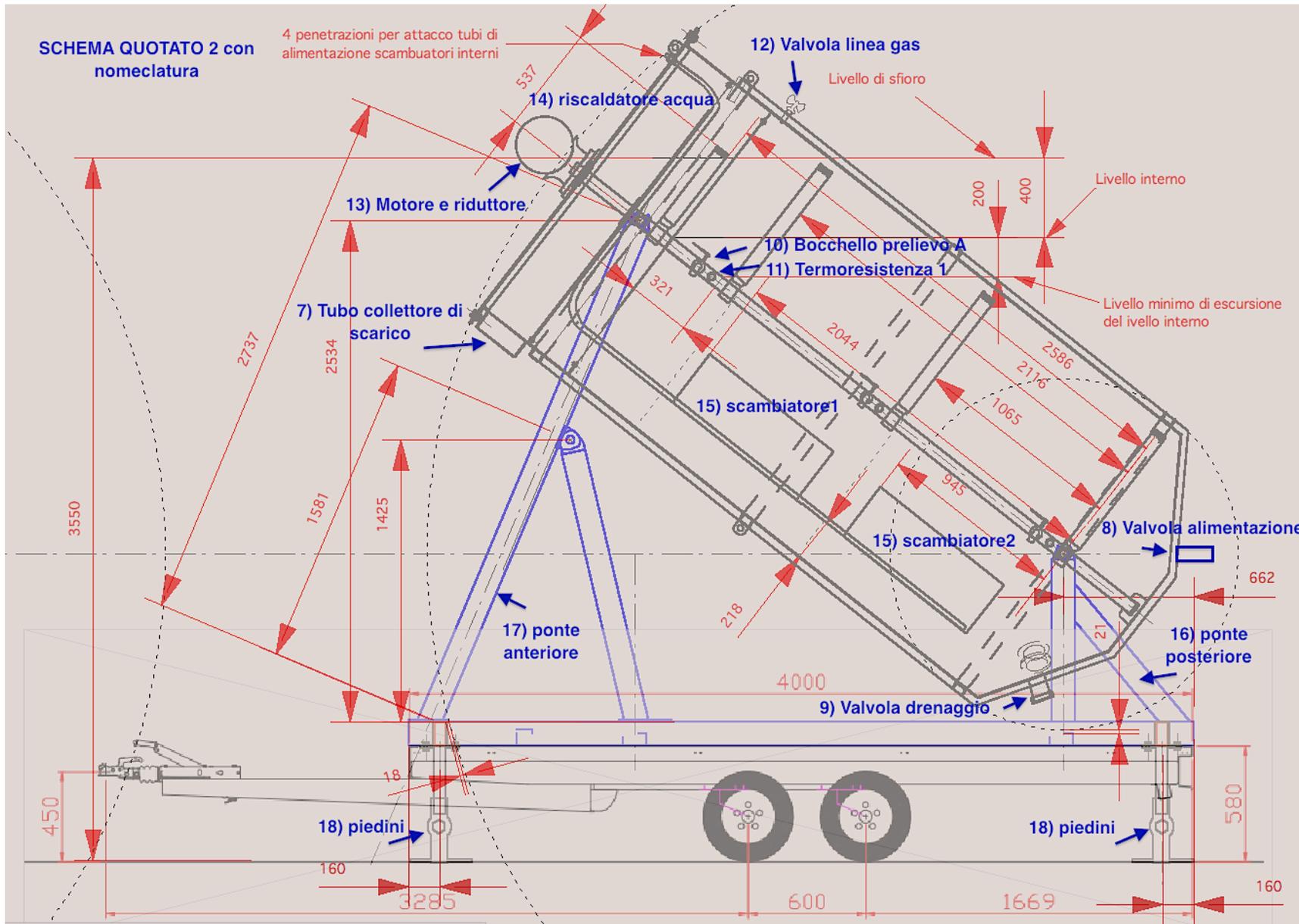
Telaio di supporto:

- 16 ponte posteriore (piccolo)
- 17 ponte anteriore (grande, smontabile)

Rimorchio:

- 18 Piedini







Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T004	0	R	8	20

2. Messa in assetto

Il DMM6000® viene trasportato su strada vuoto e in assetto orizzontale. Una volta posizionato sulla piazzola prevista per l'operazione, viene stabilizzato sui quattro piedini di sostegno che scaricano completamente gli assali. Mediante gli appositi apparati viene portato all'inclinazione voluta e bloccato con supporti rigidi di sicurezza. Viene quindi collegato alla rete elettrica.

L'area di lavoro deve quindi essere accessibile da piazzale, permettere il collegamento alle utenze tecniche, essere approssimativamente piana e il pavimento deve sopportare il peso dell'impianto a pieno carico concentrato sui piedini. L'impianto può operare all'aperto, ma è molto raccomandabile che sia disposto sotto una tettoia sia per evitare l'usura da esposizione diretta agli agenti atmosferici, sia per rendere più confortevole il lavoro di conduzione che, come detto, richiede l'intervento quotidiano dell'operatore, sia pure di breve durata, in qualsiasi condizione meteorologica.

Dimensioni dell'area di lavoro

LUNGHEZZA del rimorchio 5584 mm

LARGHEZZA del rimorchio 2000 mm

L'accesso alle estremità deve essere ampio e privo di ostacoli, per consentire il posizionamento e la manutenzione dei contenitori per l'alimentazione e per lo scarico del digestato.

L'area di accesso ai fianchi deve essere larga almeno un metro.

Carico sulla piazzola

Il peso del dispositivo vuoto è inferiore a 1800 kg

Il peso del dispositivo pieno è di circa 8000 kg

Il peso è suddiviso sui piedini (circa 2500 kg su ciascuno dei piedini posteriori e 1500 kg su quelli anteriori)

Con un coefficiente di sicurezza 1,7 ogni piedino dovrà reggere 4,25 tonnellate.

Nota per la scelta opportuna della piazzola di operazione

L'alimentazione richiede l'accesso alla valvola di alimentazione posizionata sul fondo tronco conico. La valvola è predisposta per il collegamento in linea orizzontale con una pompa a vite che preleva l'alimento già triturato e diluito da un recipiente o tramoggia con capacità sufficiente a contenere la razione giornaliera. Lo spazio necessario di fronte alla parte posteriore dell'impianto per la disposizione di queste attrezzature è almeno pari alla larghezza del pianale del rimorchio (due metri di larghezza) per una lunghezza di tre metri. L'accesso a tale spazio deve



essere agevole per la movimentazione quotidiana dell'alimento (ordine di grandezza 50 kg/giorno di biomassa tal quale) e per la movimentazione saltuaria del recipiente dei residui pesanti (massimo 20 kg ogni mese).

Il digestato esce dal dispositivo di sfioro nel coperchio (parte anteriore del cilindro, in alto) e defluisce attraverso una condotta nel contenitore che lo riceve.

Il contenitore del digestato, che ha un volume di 1000 litri, deve essere posizionato a uno-due metri dalla verticale, e deve essere accessibile e movimentabile. Indicativamente potrà essere necessario svuotarlo ogni settimana o a intervalli più lunghi, secondo che il tipo di sperimentazione in corso preveda o meno il ricircolo in ingresso della parte liquida.

L'accesso ai lati del DMM6000 è richiesto quotidianamente per la lettura del contatore e dei display, una rapida ispezione visiva e, a intervalli maggiori, per il prelievo campioni.

Messa in assetto: lista di controllo

(tra parentesi si riporta il tipo di documentazione da allegare alla lista di controllo)

1 abbassamento dei piedini fino a scaricare gli assi delle ruote, regolazione della planarità mediante le bolle incorporate al pianale, blocco di sicurezza dei piedini.
(Foto)

2 inclinazione del corpo cilindrico e blocco in sicurezza sul telaio di supporto
(Foto e sigilli)

3 collegamento della linea gas e della condotta di scarico del digestato

4 collegamento alla rete elettrica
verifica quadro elettrico
(annotazione dei seganli sul display)

La lista di controllo deve essere datata e firmata dal responsabile di turno, con eventuali note e osservazioni utili per la successiva fase di avviamento.



3. Avviamento

Il riempimento può essere eseguito attraverso la valvola di alimentazione oppure con linea volante attraverso il coperchio.

Prima del riempimento:

- 1 il gorgogliatore sarà riempito battente minimo (20-30 mm).
- 2 la valvola sulla linea gas sarà aperta.
- 3 il tubo collettore di scarico sarà montato e collegato alla Vasca raccolta digestato

Riempimento per collaudo idraulico

Di seguito si descrive il primo riempimento per il collaudo idraulico con acqua pulita introdotta con linea volante attraverso il coperchio, che sarà smontato:

- 4 misurare la portata della linea volante riempiendo un contenitore di capacità nota.
- 5 introdurre la linea volante e iniziare il riempimento
- 6 cronometrare le fasi del riempimento

In questa configurazione dalla linea gas comincerà ad uscire aria quando il livello del liquido all'interno avrà superato l'orlo della luce del setto¹, il gorgogliamento cesserà quando inizia il tracimamento dell'acqua dallo sfioro.

- 7 interrompere l'immissione dell'acqua al primo tracimamento

Procedura per il collaudo idraulico dopo il riempimento:

- provare la funzionalità dei tre bocchelli di prelievo
- provare la funzionalità della valvola di drenaggio estraendo almeno 300 litri
- impostare il battente nel gorgogliatore a 200 mm
- rabboccare il serbatoio con la linea volante misurando il tempo per misurare indirettamente l'incremento di volume del gas nella parte alta del serbatoio, dovuto al battente nel gorgogliatore
- si consiglia di provare in questa fase anche la funzionalità della pompa di alimentazione.

Collaudo sistema di termostatazione:

- 8 montare il coperchio e collegare il riscaldatore al quadro
 - 9 settare la temperatura dell'acqua a 65°C in uscita dal riscaldatore e quella nel digestore a 45°C.
 - 10 avviare il riscaldatore
 - 11 monitorare la temperatura fino al raggiungimento dei 45°C
- Il tempo richiesto sarà inferiore a tre giorni, in funzione della temperatura iniziale dell'acqua e, in piccola misura, della temperatura esterna, di cui dovranno essere registrati almeno i valori minimi e massimi durante il transitorio.
- 12 raggiunti i 45°C spegnere il riscaldatore e misurare il raffreddamento dell'acqua nel serbatoio ogni 8 ore per 32 ore.

Collaudo agitatore

- 13 settare l'intervallo di intervento dell'agitatore
- 14 avviare l'agitatore



L'AGITATORE NON DEVE IN NESSUN CASO ESSERE AVVIATO CON LIVELLO DEL LIQUIDO NEL DIGESTORE INFERIORE A QUELLO DI SFIORO.

4. Esercizio

4.1 Riempimento per inizio campagna e fase iniziale

Il riempimento con inoculo viene fatto preferibilmente con la pompa di alimentazione con coperchio montato, termostatazione all'arresto settata alla temperatura desiderata, agitatore all'arresto, gorgogliatore a 20 – 30 mm, valvola gas aperta.

Il riempimento procede come nel collaudo idraulico e si arresta quando l'inoculo tracima.

In questa configurazione l'aria rimasta nel digestore ha il volume minimo.

1 alzare a 200 mm il battente nel gorgogliatore (vedi nota al termine del capitolo)

2 avviare l'agitatore

3 avviare a termostatazione

Inizialmente la produzione di biogas (con prevalenza di CO₂) sarà lenta.

Dopo 15 giorni, in funzione delle specifiche della campagna sperimentale, si inizierà l'alimentazione con il substrato e la produzione di biogas (con tenore crescente di metano) comincerà ad aumentare fino a far raggiungere la pressione del gas sulla superficie libera nel digestore al valore del battente nel gorgogliatore. Il gas comincerà a defluire attraverso il gorgogliatore.

4.2 Procedure quotidiane durante la campagna sperimentale

Durante la campagna sperimentale saranno eseguite ogni giorno le seguenti operazioni:

- rilevamento e registrazione sul giornale di bordo dei parametri secondo la scheda operativa sotto descritta
- ispezione della vasca di raccolta del digestato e pulizia del filtro se necessaria
- preparazione dell'alimento e sua immissione nel recipiente o tramoggia a monte della pompa di alimentazione
- avviamento della pompa, apertura della valvola di alimentazione e immissione dell'alimento (durata circa 20')
- immessa la quantità prevista, si chiude la valvola e si arresta la pompa
- lavaggio della linea di immissione e della pompa (l'omissione può causare difficoltà nei giorni successivi dovuta alle incrostazioni dei residui)
- ispezione visiva dell'impianto e completamento del rilevamento dei parametri secondo la scheda operativa citata
- consegna del giornale di bordo



L'operatore nel suo intervento quotidiano seguirà le istruzioni riportate nella scheda operativa allegata. A integrazione di tale scheda, le indicazioni quantitative sulla preparazione dell'alimento e sulle le modalità di registrazione dei dati sperimentali sarà oggetto di una specifica redatta in funzione delle caratteristiche e degli obiettivi di ciascuna campagna.

Ai fini del presente manuale operativo è rilevante annotare le operazioni quotidiane e quelle saltuarie necessarie, che determinano l'impegno minimo degli operatori per la corretta conduzione della campagna.

Dall'esperienza delle campagne svolte con impianti dello stesso tipo l'impegno quotidiano può essere inferiore ai 30 minuti, ma è importante che sia regolare senza interruzioni. A seconda del processo studiato, in alcuni casi potrà essere interrotto per un giorno o due nel fine settimana, ma in generale la durata della sospensione dell'alimentazione non dovrà essere superiore a due giorni, sia per ottenere un processo di digestione stazionario sia per la possibilità che qualche parametro esca dai valori desiderati. La temperatura non diminuisce sensibilmente in due giorni anche in caso di mancanza completa di alimentazione o altra causa di fuoriservizio della termostatazione.

L'acqua per la diluizione dell'alimento può essere prelevata dal serbatoio temporaneo del digestato, con o senza trattamenti – in funzione delle esigenze sperimentali determinate in fase di progettazione della campagna, e dei valori monitorati ad esempio di presenza di azoto nella parte liquida del digestato).

I parametri da monitorare e registrare quotidianamente sul quaderno di bordo sono:

(perché determinate dalle esigenze sperimentali di ogni singola campagna, non si elencano qui le analisi che saranno fatte in laboratorio su campioni di alimento, digestato, prelievi ai tre livelli del contenuto del digestore, biogas)

a) caratteristiche dell'alimento (composizione percentuale in peso della miscela e dimensioni massime dei frammenti);
peso della quantità tal quale della razione gornaliera;
diluizione (umidità dell'alimento pompato nel digestore in base alla quantità di acqua aggiunta);
temperatura dell'alimento dopo la diluizione;
ora e durata dell'immissione dell'alimento;

b) temperatura nei tre punti monitorati del digestore;
temperatura e pressione atmosferica (anche da dati meteorologici del sito);
quantità di digestato uscita dallo sfioro (dal livello nel serbatoio di accumulo temporaneo);
caratteristiche del digestato (qualitative, rilevate a vista sul filtro del serbatoio di accumulo temporaneo del digestato);
attività dell'agitatore (qualitative, registrando l'avviamento automatico temporizzato);



quantità di biogas prodotta;

c) segnalazione immediata al responsabile della campagna di ogni anomalia eventualmente riscontrata.

Nota sul livello nel gorgogliatore

In questo manuale si ipotizza che la pressione a valle del gorgogliatore sia la pressione atmosferica. Nel caso vi siano stadi di processo che modificano il valore di pressione all'uscita del gorgogliatore, se ne dovrà tener conto e il livello dovrà garantire una pressione del gas all'interno del digestore, all'equilibrio con lo sfioratore, pari a 200 mm d'acqua. Tale valore di riferimento può essere variato per esigenze sperimentali senza superare i 300 mm e senza andare in depressione.

Nel caso si superino i 300 mm, il livello all'interno del digestore può scendere sotto il livello del manicotto di attraversamento dell'asse dell'agitatore. Questo non ha conseguenze se avviene per un breve transitorio: Se tale condizione viene mantenuta a lungo (per più di un giorno) l'effetto del trafileamento del gas attraverso il manicotto può inficiare la validità dei dati sulla produzione di biogas. Nel caso di depressione, si ha aspirazione del liquido del digestore che entra nel gorgogliatore, ed occorre chiudere la valvola della linea gas e ripulire la linea e il gorgogliatore.

4.3 Operazioni saltuarie

Le operazioni di rimozione del digestato e di drenaggio dei residui pesanti di sono necessarie con periodicità determinata dal tipo di biomassa utilizzata e dai parametri di processo.

Rimozione del digestato

Il digestato viene quotidianamente raccolto automaticamente nell'apposito contenitore, in quantità che a regime sarà uguale o leggermente minore alla razione giornaliera di alimento. In base all'ispezione visiva del livello nel recipiente di raccolta si provvederà a svuotarlo ogni settimana o con intervalli più lunghi, a seconda che tipo di sperimentazione in corso preveda o meno il ricircolo in ingresso della parte liquida.

Un filtro meccanico adeguato al tipo di biomassa utilizzata, posizionato nella parte alta del recipiente di raccolta del digestato, effettua una prima grossolana separazione la parte più liquida del digestato. Si raccomanda l'ispezione quotidiana e la pulizia del filtro: rimozione delle parti solide e delle schiume per evitarne l'intasamento.

Nella parte più liquida si ha poi un processo di decantazione con depositi sul fondo e affioramenti. Per il prelievo di liquido da utilizzare per la diluizione dell'alimento, se prevista, si raccomanda di accedere a 20-30 centimetri dal fondo.



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T004	0	R	14	20

Rimozione dei depositi pesanti dalla parte bassa del digestore.

Questa operazione può non essere necessaria durante una campagna sperimentale di sei mesi, se la biomassa utilizzata contiene una frazione trascurabile di residui (sabbia, frammenti solidi). In tutti i casi si consiglia comunque una ispezione mensile: posizionamento di un recipiente da 30 litri sotto il bocchello di scarico, breve apertura della valvola ed esame visivo del materiale fuoriuscito, di cui si manderà un campione in laboratorio.

Se i depositi pesanti sono presenti in quantità consistente, si procede al prelievo di 30-40 litri di fanghiglia, ripetendo l'operazione ogni 15 giorni se necessario.

5 Arresti e manutenzioni

La corretta manutenzione prima dell'inizio di ogni campagna sperimentale garantisce l'affidabilità necessaria ad un esercizio della durata di sei mesi senza necessità di interventi programmati di manutenzione.

Tutti i malfunzionamenti minori possono essere dovuti esclusivamente a guasti di componenti del sistema di termostatazione o dell'agitatore. La riparazione del malfunzionamento nell'arco di tre giorni non altera sensibilmente l'andamento della campagna.

Si raccomanda comunque che l'ispezione quotidiana sia accurata e che ogni segnale di funzionamento irregolare sia segnalato al fine di consentire le azioni preventive ed evitare interventi di urgenza.

Il sistema di termostatazione è costituito da un apparato esterno facilmente accessibile e da due scambiatori interni ciascuno in grado di svolgere al 100% la funzione di mantenimento della temperatura. La parte esterna è riparabile senza arrestare l'impianto.

Il gruppo motoriduttore dell'agitatore è esterno e facilmente accessibile, inoltre la tolleranza del processo al suo malfunzionamento può essere superiore ai tre giorni indicati.

6 Interruzioni non programmate dell'esercizio

La campagna sperimentale, della durata di alcuni mesi, non deve essere interrotta – salvo problemi del processo di digestione anaerobica dovuti a dinamiche batteriche impreviste (ad esempio immissione nel digestore di reflui contenenti antibiotici, oppure escursione del ph nel digestore dovuto a errori nella miscela di alimento). Questa eventualità deve essere scongiurata dal controllo di qualità della biomassa di alimento e dai controlli di laboratorio sui campioni prelevati dal digestore.

Se questa eventualità si presentasse, l'impianto dovrà essere posto all'arresto: interruzione dell'alimento quotidiano, arresto dell'agitatore e della termostatazione. L'impianto può rimanere in tale situazione per tempo indefinito. Successivamente si provvederà al drenaggio dei sei metri cubi di

 <i>EcoinnovativeTechnologies S.r.l.</i>	Sigla di identificazione ET - DMM - T004	Rev. 0	Distrib. R	Pag. 15	di 20
---	--	------------------	----------------------	-------------------	-----------------

liquido, utilizzando la pompa di carico, se il contenuto viene trasferito in una motocisterna. Dopo accurato lavaggio l'impianto è pronto per l'avviamento di una nuova campagna.

Non sono quindi previsti arresti della campagna salvo che in questi casi che determinano il fallimento della campagna.



7 Interfacce e limiti di fornitura

Il presente manuale è stato redatto per l'impianto oggetto della fornitura di competenza di ET-Ecoinnovative Technologies S.r.l.

Per completezza le interfacce con le parti escluse dalla fornitura sono state descritte, dove era necessario ai fini della comprensione, assumendo implicitamente una loro configurazione che deve essere intesa esclusivamente come definizione delle funzioni richieste per il corretto funzionamento del DMM6000.

Si elencano di seguito dette interfacce:

7.1 Pretrattamento, miscelazione e alimentazione all'ingresso del DMM

7.2 Scarico digestato

7.3 Scarico depositi pesanti

7.4 Prelievo campioni

7.5 Interfaccia linea gas ed eventuale cogeneratore

Di seguito si sintetizzano le caratteristiche rilevanti delle interfacce al fine del corretto funzionamento del DMM6000:

7.1 Pretrattamento, miscelazione e alimentazione all'ingresso del DMM

La pompa di alimento deve essere posizionata orizzontalmente con linea di mandata allineata al bocchello di ingresso (diametro 1" ½). Il liquido immesso deve avere in sospensione particelle di dimensione massima inferiore a 5 mm. Si raccomanda che la temperatura del liquido sia nel range da 20-0°C. La portata di immissione non deve superare i 4 m³/ora (circa un litro/sec). L'operazione del DMM6000 è prevista con per alimentazione con pompa a vite, che permette l'apertura della valvola del bocchello di immissione senza fuoriuscita di liquido.

Le scelte sulla formulazione della miscela di alimentazione del digestore, sulle tecniche di insilaggio della biomassa, sui pretrattamenti meccanici, termici o chimico-fisici sono di competenza dell' esercente. In proposito ET può solo segnalare che la buona pratica industriale in impianti di grandi dimensioni (dell'ordine di un MWelettrico) permette una produzione specifica di circa 4 kWh elettrici per giorno per m³ di volume del digestore, con alimentazione a liquami zootecnici in codigestione prevalentemente con FORSU.

Detti impianti producono più di 400 kWh per tonnellata di biomassa non diluita. Nella scala dell'impianto pilota prestazioni analoghe o superiori possono essere raggiunte a condizione che il dosaggio e il pretrattamento della biomassa siano accuratamente progettati ed eseguiti con precisione. La quantità trattata quotidianamente è da 500 a 1000 volte inferiore a quella di



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T004	0	R	17	20

un impianto industriale, pertanto le tolleranze percentuali indicate nella formazione della miscela si traducono in requisiti stringenti sulla pesatura degli ingredienti.

7.2 Scarico digestato

Va accuratamente valutata la possibilità di utilizzare una frazione della parte liquida dell'effluente del DMM6000 per la diluizione della biomassa di alimentazione, eventualmente previa sottrazione di componenti che potrebbero ridurre la produttività del processo del digestore.

7.3 Scarico depositi pesanti

La quantità, molto variabile a seconda del tipo di biomassa con cui si alimenta il digestore, è comunque limitata, e può essere gestita manualmente con cadenza mensile (meno di 50 kg, una volta al mese)

7.4 Prelievo campioni

Il prelievo attraverso gli appositi bocchelli viene organizzato in funzione delle esigenze della campagna sperimentale (tipicamente un campione da un litro per ciascuno dei tre bocchelli di prelievo, con cadenza settimanale). Il prelievo può essere eseguito rapidamente dall'operatore addetto alla alimentazione giornaliera dell'impianto, che provvederà all'etichettatura e lascerà i campioni in un apposito deposito temporaneo.

7.5 Interfaccia linea gas ed eventuale cogeneratore

Questa interfaccia è molto importante ai fini della sperimentazione e deve prevedere un contatore per misurare il volume del biogas prodotto con registrazione almeno oraria, un prelievo campioni da inviare al laboratorio – questa operazione viene fatta normalmente ogni due-sette giorni da un addetto del laboratorio e non dall'operatore incaricato della gestione dell'impianto e del prelievo dei campioni liquidi, perché è preferibile che la sacca del gas non sia stoccata nel deposito temporaneo dei campioni.



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T004	0	R	18	20

8. Allegati

8.1 Elenco degli schemi dell'impianto

1. DMM6000 assetto per trasporto
2. DMM6000 assetto per l'esercizio
3. Pianale di supporto
4. Pianale di supporto su carrello



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T004	0	R	19	20

8.2 Avvertenze per la sicurezza degli operatori e di protezione ambientale

Sicurezza degli operatori

Rischi elettrici

L'impianto elettrico è costruito a norma e le operazioni in campo sono limitate agli allacciamenti elettrici tramite spine al momento della installazione nel sito sperimentale e alla impostazione dei comandi a quadro.

Rischi in fase di allestimento

Il sollevamento della parte inclinabile avviene con gruetta con la partecipazione di due operatori per il posizionamento del ponte anteriore. Le operazioni richiedono le protezioni individuali normali per operatori in cantiere (casco, guanti, scarpe antiscivolo). Le traverse per il montaggio del ponte pesano al massimo 25 kg.

Rischi di esplosione

Il volume del biogas all'interno del digestore è di circa 400 litri a pressione atmosferica + 20 centimetri d'acqua. La percentuale di metano è del 55%, il complemento è CO₂. All'interno del digestore vi sono quindi meno di 200 grammi di metano.

Non vi sono pertanto rischi di incendio o di esplosione, anche se vi fosse per malfunzionamento ingresso di aria nel volume di espansione del biogas all'interno del digestore.

Operando all'aperto non c'è rischio di accumulo di gas asfissianti o esplosivi all'esterno dell'impianto, dovuto ad eventuali piccole perdite.

Impatto ambientale dell'esercizio del DMM6000

Gli input del DMM sono, per una campagna di 5 mesi di cui uno di avviamento:

- biomassa: massimo 90 kg/gg x 30 gg/mese x 4 mesi + 10 carichi in avviamento x 50 kg/carico = 113 qli di biomassa = 18/24 metri cubi di biomassa compattata (dati complessivi per tutta la campagna di 5 mesi)

- acqua (inoculo) 6000 litri al riempimento + 200 litri/gg x 30 gg/mese x 4 mesi = 30 metri cubi di acqua (o di liquame)

il consumo di acqua sarà probabilmente ridotto di oltre il 50% ricircolando all'ingresso l'acqua di supero dopo decantazione e filtraggio grossolano

- frazione pesante: in funzione della composizione del FORSU e delle tracce di suolo nella biomassa insilata si prevede di estrarre dall'apposito bocchello sul fondo del DMM una quantità massima del 2,5% in peso della biomassa immessa, con frequenza mensile, per un peso complessivo di tre quintali nei 5 mesi. Non sussistono altre cause di impatto ambientale: il DMM è azionato da attuatori elettrici, peraltro con consumi complessivi modesti dovuti



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T004	0	R	20	20

essenzialmente, specie nei mesi invernali, all'impianto di riscaldamento con acqua calda - prodotta dal boiler elettrico - che compensa le modeste dispersioni termiche (l'impianto è opportunamente coibentato).

Il digestato in uscita è praticamente inodore e non presenta rischi sanitari, anzi sotto questo aspetto risulta meno problematico del FORSU in ingresso.

Il biogas prodotto consiste in CO₂ e CH₄ (circa 45% e 55%) max 12 metri cubi/giorno, che saranno utilizzati per esperienze pilota di cogenerazione o bruciati in torcia.

Non vi sono altri effluenti liquidi o gassosi. Non vi sono inventari di sostanze infiammabili o sostanze tossiche o nocive. Il funzionamento è silenzioso.

8.3 Tabelle dei consumi di acqua e di energia

Consumo giornaliero acqua (massimo, senza ricircolo del digestato):

200 litri/giorno

Consumo elettrico massimo invernale, per la termostatazione, con funzionamento in termofilia (55°C): 20 kWh/giorno



Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
ET - DMM - T003	0	R	21	21

Si raccomanda quindi di verificare la resistenza del pavimento ed eventualmente disporre sotto i piedini lastre rigide per diminuire la concentrazione del carico

Nota per la scelta opportuna della piazzola di operazione

L'alimentazione richiede l'accesso alla valvola di alimentazione posizionata sul fondo tronco conico. La valvola è predisposta per il collegamento in linea orizzontale con una pompa a vite che preleva l'alimento già tritato e diluito da un recipiente o tramoggia con capacità sufficiente a contenere la razione giornaliera.

Lo spazio necessario di fronte alla parte posteriore dell'impianto per la disposizione di queste attrezzature è almeno pari alla larghezza del pianale del rimorchio (due metri di larghezza) per una lunghezza di tre metri.

L'accesso a tale spazio deve essere agevole per la movimentazione quotidiana dell'alimento (ordine di grandezza 50 kg/giorno di biomassa tal quale) e per la movimentazione saltuaria del recipiente dei residui pesanti (massimo 20 kg ogni mese). Il digestato esce dal dispositivo di sfioro nel coperchio (parte anteriore del cilindro, in alto) e defluisce attraverso una condotta nel contenitore che lo riceve. Il contenitore del digestato, che ha un volume di 1000 litri, deve essere posizionato a uno-due metri dalla verticale, e deve essere accessibile e movimentabile.

Potrà essere necessario svuotarlo ogni settimana o a intervalli più lunghi, secondo che il tipo di sperimentazione in corso preveda o meno il ricircolo in ingresso della parte liquida. L'accesso ai lati del DMM6000 è richiesto quotidianamente per la lettura del contatore e dei display, una rapida ispezione visiva e, a intervalli maggiori, per il prelievo campioni.



**Check List delle operazioni
durante la campagna sperimentale del DMM**

Fase A - registrare sul quaderno :

1. data e ora
2. misura di produzione del gas
3. le tre misure di temperatura di funzionamento del reattore

Fase B – Preparazione miscela

1. pesare il materiale insilato da introdurre (vedi **RICETTA**)
2. pesare il separato liquido – prelevato dal cubo - che viene usato per diluire l'insilato e/oppure acqua da manichetta (vedi **RICETTA**)
3. miscelare col mixer fino a consistenza omogenea e fine
4. aggiungere liquido prelevato dal prelievo alto in modo da ottenere un fluido pompabile (10% di st circa: vedi **RICETTA**)

Fase C – Carico

1. controllare che lo sfioro anteriore sia liquido e non bloccato da croste
2. aprire la valvola sul DMM
3. avviare la pompa e completare la carica
4. controllare l'uscita del liquido dallo sfioro anteriore

Fase D – risciacquo attrezzi e pulizia

1. terminato il carico riempire mezzo secchio di acqua pulita e pomparla fino alla bocca di carico per lavare la pompa (**mai lasciare la pompa sporca**)
2. lasciare il tubo e la pompa pieni di acqua pulita
3. lavare il gambo del pimer e togliere i filamenti dalla testina rotante
4. vuotare quando necessario i serbatoi di scarico/accumulo
5. pulire con un getto d'acqua lasciando pulite le superfici esterne
6. **NON LASCIARE MAI ATTREZZI IN GIRO MA RIPORLI NELLA CASSETTA!!!**

IMPORTANTE: segnalare immediatamente per telefono ed e-mail ogni anomalia: mancanza di alimentazione elettrica, variazioni di temperatura > 5°C, fuoriuscite etc.