

# WendeWolf

## *Descrizione generale del sistema*

*Impianti solari d'essiccazione dei fanghi di depurazione*



## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

### 1. Il processo

Utilizzando presse o centrifughe è possibile disidratare i fanghi di depurazione fino ad un massimo del 30-35% di sostanza secca (TS); nella maggior parte dei casi il grado di disidratazione si attesta intorno al 25% di TS.

L'acqua residua, 750 kg d'acqua circa per tonnellata di fanghi, può essere rimossa solo attraverso il processo d'essiccamento termico.

IST-Anlagenbau mette a disposizione le opzioni riportate di seguito.

#### Essiccamento solare con WendeWolf®



#### Evaporazione dell'acqua dalla massa fangosa

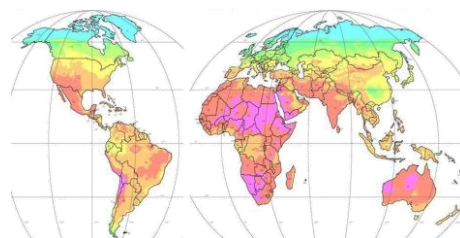
Per eseguire questo processo, è stata essenzialmente ripresa la vecchia tecnologia dei processi dei letti d'essiccamento sottoponendola ad un miglioramento. Si realizza una serra su un sottofondo impermeabile in modo da escludere le precipitazioni, ma consentire all'energia radiante del sole di raggiungere lo strato di fango disidratato che è stato distribuito.

Il processo WendeWolf offre la speciale possibilità di scaricare i fanghi sul lato anteriore e trasportarli lentamente per il capannone grazie a WendeWolf®. All'estremità opposta è possibile prelevarli nuovamente sotto forma di granulato secco.

#### ➤ Il sole come fonte d'energia

La principale fonte d'energia per l'essiccatore di fanghi solare è costituita dall'energia radiante a onde corte del sole che raggiunge la superficie scura dei fanghi attraverso il rivestimento trasparente della struttura e la riscalda. Grazie a questo aumento della temperatura si verifica un incremento della pressione del vapore acqueo nei fanghi consentendo il passaggio delle molecole d'acqua nello strato d'aria soprastante.

Alle latitudini di IST-Anlagenbau (Germania), l'energia radiante del sole all'anno raggiunge 1.000 - 1.200 kWh per m<sup>2</sup> e all'anno. Questo significa che, a livello strettamente aritmetico, è possibile far evaporare da 1.450 a 1.750 kg di acqua per m<sup>2</sup> su base annua.



Gli studi energetici condotti sulle serre dimostrano che è possibile sfruttare la metà o i due terzi circa di questo potenziale per ogni m<sup>2</sup> di superficie, cioè una disidratazione di 700 - 1.200 kg circa per ogni m<sup>2</sup> di superficie d'essiccazione attiva. In particolare,

## Descrizione generale del sistema

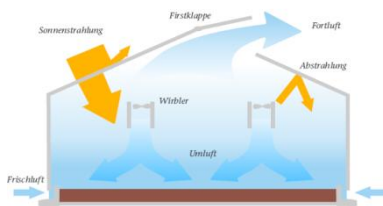
Impianti solari d'essiccazione dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

questi valori dipendono anche dalla modalità selezionata dell'impianto solare d'essiccazione (apporto variabile o continuo dello strato fangoso).

### ➤ Correnti e ricambio d'aria

Senza le correnti d'aria si svilupperebbe uno strato di separazione umido sulla superficie. Questo strato d'aria, umido e saturo, provocherebbe una riduzione della capacità d'evaporazione che è necessario evitare. Per questo motivo, è importante regolare la climatizzazione e le correnti d'aria nelle serre d'essiccazione.



L'aria d'alimentazione ha accesso attraverso le aperture laterali nelle pareti verticali. L'aria di scarico fuoriesce attraverso le prese d'aria del colmo del tetto (effetto camino) dato che l'aria calda e umida è più leggera di quella secca. I ventilatori tubolari (soffianti) sono rivolti in posizione obliqua verso il basso e generano un flusso d'aria sulla superficie dei fanghi favorendo ulteriormente il processo d'essiccazione.

Lo scambio dell'aria interna umida con quella esterna più secca viene regolato dal software Wendewolf. Inoltre, si definiscono il tenore di acqua nell'aria e il clima ideale per l'essiccazione in base alla temperatura rilevata e all'umidità relativa. Non appena si supera un valore soglia regolabile, la presa d'aria del colmo si apre e l'aria umida più leggera fuoriesce verso l'alto richiamando aria più secca attraverso le aperture laterali.

In questo modo, si garantisce sempre un clima ideale all'interno delle serre d'essiccazione ottimizzando il tasso d'evaporazione dell'acqua.

### ➤ Riscaldamento aggiuntivo

È possibile integrare un impianto di riscaldamento aggiuntivo a seconda del tipo e della quantità di calore residuo. IST-Anlagenbau ha già realizzato i seguenti impianti di riscaldamento:

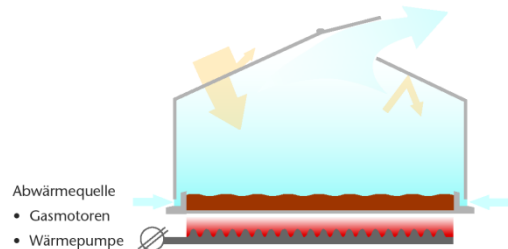
- Riscaldamento a pavimento
- Riscaldamento ad aria per capannoni
- Riscaldamento a pannelli radianti

#### Riscaldamento a pavimento

Se la quantità di calore disponibile è elevata, è possibile utilizzarla per il riscaldamento della base di fondazione. Per eseguire questa operazione, si posano i tubi in plastica tra l'armatura di fondazione. Questo tipo di riscaldamento è comune ed è ampiamente diffuso per i capannoni di grandi dimensioni.

L'esposizione al sole riscalda i fanghi dall'alto mentre il riscaldamento a pavimento li riscalda ulteriormente dal basso.

Tuttavia, all'aumentare dell'esposizione solare, aumenta il calore dei fanghi dall'alto e si permette una maggiore riduzione del calore rilasciato dal riscaldamento a pavimento.



## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

Per questo motivo, in inverno, il riscaldamento a pavimento risulta particolarmente efficiente dato in questo periodo dell'anno il calore residuo disponibile è perlopiù ridotto.

Il livello della temperatura del calore residuo può essere inferiore a 50 °C.

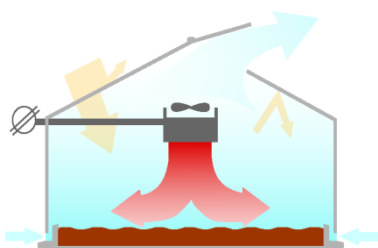
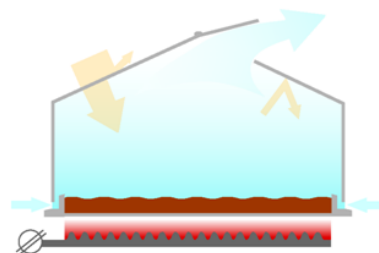
Il riscaldamento a pavimento sfrutta il calore residuo disponibile in modo molto efficiente. I costi d'investimento sono però molto elevati in confronto ad altre varianti di riscaldamento.

### Riscaldamento ad aria per capannoni

Il riscaldamento ad aria per capannoni viene predisposto in presenza di un calore residuo disponibile esiguo o in abbinamento a un riscaldamento a pavimento se quest'ultimo non è in grado di sfruttare tutto il calore residuo. L'impianto di riscaldamento ad aria per capannoni indirizza l'aria calda sulla superficie dei fanghi riscaldando questi ultimi in modo indiretto.

Inoltre, l'aria riscaldata riesce a rimuovere una quantità d'acqua superiore.

Un impianto di riscaldamento ad aria per capannoni si contraddistingue per l'elevata flessibilità in caso di un calore residuo soggetto a forti fluttuazioni, per le semplici operazioni di manutenzione e per i bassi investimenti.



L'energia richiesta per la temperatura d'evaporazione viene fornita ai fanghi attraverso l'aria. Allo stesso tempo, una parte del calore erogato viene disperso attraverso il rivestimento della struttura, ed in particolare in inverno e di notte.

## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

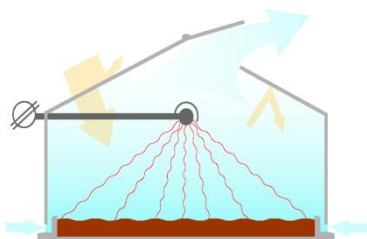
V 2-0/2021

### Riscaldamento a pannelli radianti

Il gas di fermentazione (biogas) in eccesso viene utilizzato per l'alimentazione dei pannelli radianti a zero emissioni luminose che riscaldano direttamente i fanghi. I pannelli radianti a zero emissioni luminose sono formati da un bruciatore a gas e da un tubo metallico in cui sono convogliati i gas di combustione.

Le superfici di questi pannelli radianti raggiungono i 250 °C circa e rilasciano la loro energia sotto forma di radiazioni infrarosse a onde lunghe.

I cosiddetti pannelli radianti a zero emissioni luminose sono in funzione come riscaldatori agli infrarossi in molti capannoni industriali.



La lunghezza d'onda emessa da questi apparecchi è compresa nella gamma dei bassi infrarossi.

È formata da onde elettromagnetiche che, allo stesso modo dei raggi del sole, penetrano nell'atmosfera quasi senza nessuna dispersione. Solo quando raggiungono un corpo in grado di assorbirli (nel caso specifico i fanghi), la radiazione viene assorbita e si verifica il riscaldamento diretto del corpo.

Un impianto di riscaldamento dotato di pannelli radianti a zero emissioni luminose è simile ad un impianto di riscaldamento ad aria per capannoni, risulta molto flessibile, richiede una semplice manutenzione e prevede un basso investimento.

### ➤ Rivoltamento e convogliamento dei fanghi

Oltre a un rapido scambio d'aria all'interno del capannone, è importante sostituire nel più breve tempo possibile le particelle già essiccate in superficie con quelle umide sottostanti. All'aumentare della frequenza e dell'intensità con cui la superficie delle particelle dei fanghi umide vengono a contatto con l'aria insatura, aumenta il tasso d'evaporazione.

Rivoltare la il letto di fango nel modo più uniforme e frequente possibile è un'attività fondamentale per la velocità con cui si elimina l'acqua.

WendelWolf® rivolta e rimescola il letto in modo uniforme per tutta la larghezza del capannone. In questo modo si garantisce una buona ventilazione del materiale secco, si produce un effetto positivo sull'eliminazione dell'acqua e si evita la formazione di cattivi odori.



Il grande tamburo rotante è dotato di utensili rotanti brevettati e garantisce il rivoltamento uniforme e affidabile dei letti dei fanghi caratterizzati da oltre 40 cm di spessore dello strato. Ad ogni processo di ribaltamento si sposta il materiale secco di 60 cm circa. Dato che è possibile selezionare a propria discrezione la direzione dello spostamento, la durata della sosta del materiale secco nella serra può essere definita attraverso il controllo di WendelWolf®.

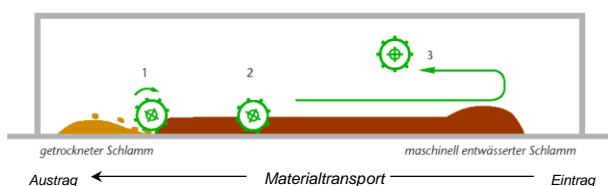


## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccazione dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

In questo modo, grazie a WendeWolf® è possibile utilizzare l'impianto d'essiccazione nei processi continui o discontinui. Non è necessario apportare nessun tipo di modifica all'impianto d'essiccazione per passare da una modalità di funzionamento all'altra.



Ad ogni passaggio i fanghi vengono spostati di 60 cm circa a partire dal lato di riempimento verso quello di scarico del capannone d'essiccazione. Per questo motivo, la velocità con cui i fanghi percorrono il capannone d'essiccazione può essere determinata dal numero dei processi di rivoltamento.

### ➤ Requisiti dei fanghi

A livello internazionale sono presenti più di 200 installazioni di WendeWolf. È stato dimostrato che la disidratazione dei fanghi con un tenore di sostanza secca del 20% circa rappresenta perlopiù un trattamento preliminare (centrifughe o pressoclee) efficiente in termini di costi.

In presenza di un apporto dei fanghi con un 5% di sostanza secca e un livello d'essiccazione raggiunto del 70% di TS, è necessaria una **superficie di essiccazione pressoché quintupla** in confronto ad un apporto dei fanghi con il 20% di TS e un livello d'essiccazione raggiunto del 70% di TS.

#### Esempio (A): apporto con 5% di TS

Materia secca: 500 tonnellate/a  
 Grado di disidratazione: 5%  
 - Apporto di fanghi: 10.000 tonnellate/a  
 Obiettivo del grado d'essiccazione: 70%  
 - Prelievo di granulato: 715 tonnellate/a  
**Evaporazione dell'acqua: 9.285 tonnellate/a**

#### Esempio (B): apporto con 20% di TS

Materia secca: 500 tonnellate/a  
 Grado di disidratazione: 20%  
 - Apporto di fanghi: 2.500 tonnellate/a  
 Obiettivo del grado d'essiccazione: 70%  
 - Prelievo di granulato: 715 tonnellate/a  
**Evaporazione dell'acqua: 1.785 tonnellate/a**

## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

---

Di seguito sono riportati alcuni suggerimenti proposti da IST-Anlagenbau.

È necessario disidratare i fanghi in modo meccanico e ottenere un prodotto compatto. Per l'essiccazione, è irrilevante il fatto che il trattamento preliminare fornisca fanghi stabilizzati o digeriti. Per i fanghi di depurazione comunali, il tenore della sostanza secca pari o superiore al 20% si è dimostrato un valore di disidratazione adeguato, anche se in alcuni casi gli impianti sono gestiti con valori di gran lunga inferiori a questi.

Al momento dell'apporto dei fanghi liquidi, si consiglia di condurre dei test per osservare l'eventuale formazione di granulato.

Laddove possibile, si consiglia di consegnare i fanghi direttamente dallo scarico della pressa o della centrifuga al capannone e non si devono effettuare stoccaggi temporanei prolungati al di fuori dei capannoni d'essiccazione. In caso di un deposito temporaneo prolungato, è presente il pericolo di un passaggio del fango disidratato allo stato anaerobico, che non deteriora solo le sue proprietà organolettiche, ma determina anche la formazione di cattivi odori. Si sconsiglia l'igienizzazione con calce viva. A causa dell'elevato valore del PH, si sviluppano alte concentrazioni di  $\text{NH}_3$  nei fanghi digeriti portando ad eventuali emissioni non consentite.

### ➤ **Formazione dei cattivi odori**

Se si effettua lo stoccaggio dei fanghi di depurazione disidratati senza altri trattamenti o sistemi di ventilazione, è scontato che si sviluppino cattivi odori.

L'esperienza accumulata in vari anni d'attività con i fanghi pretrattati in diversi modi dimostrano che il processo WendelWolf impedisce lo sviluppo di questi cattivi odori durante il processo d'essiccazione.

Questo comportamento vantaggioso è dovuto alla ventilazione estesa a tutta la superficie dei fanghi durante il processo di rivoltamento. I fanghi aerobici non emanano cattivi odori. Infatti, i cattivi odori si sviluppano solo quando i fanghi passano ad uno stato anaerobico.

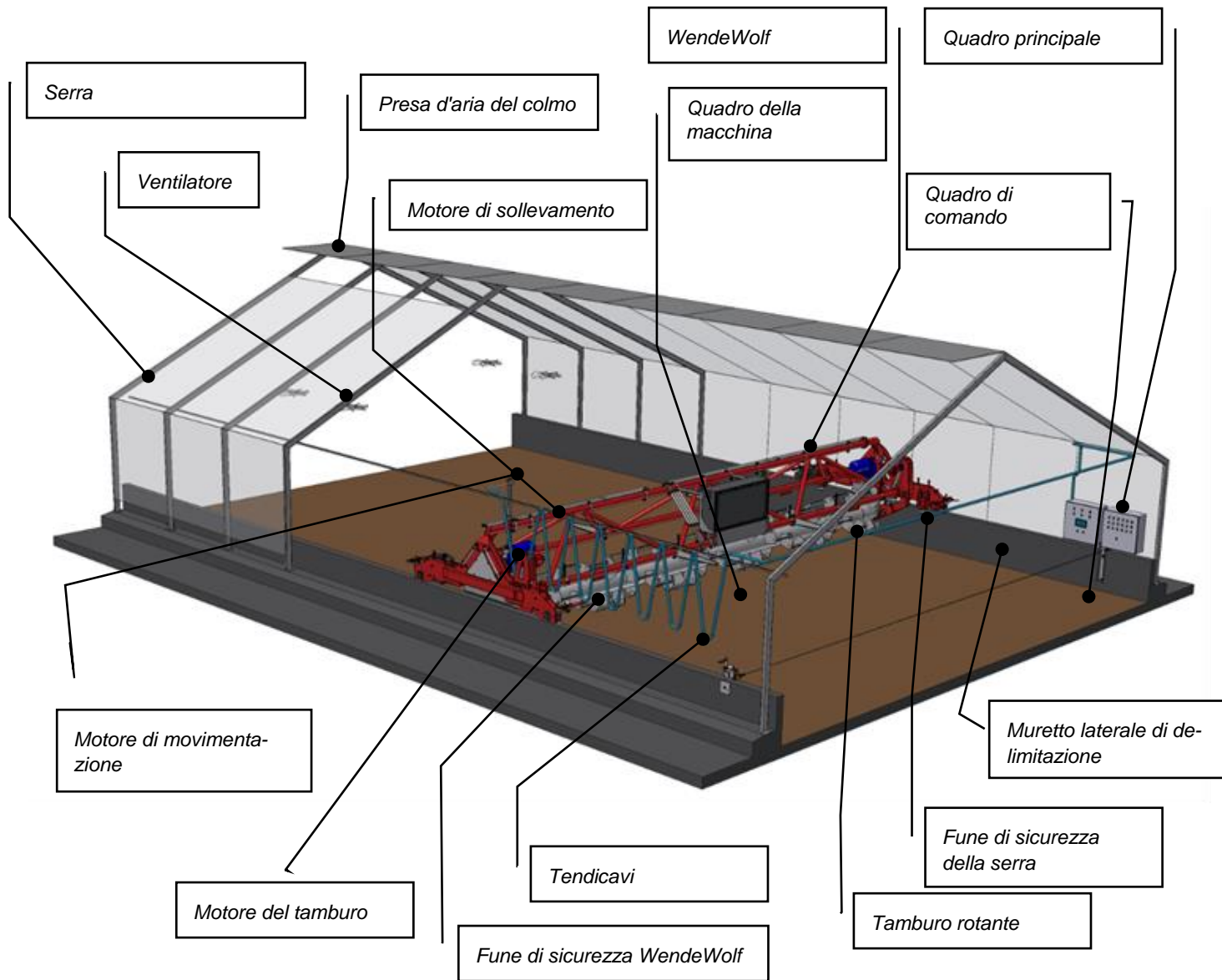
Utilizzando gli impianti secondo le specifiche fornite da IST-Anlagenbau, è possibile garantire l'eliminazione costante dei cattivi odori derivanti dal processo d'essiccazione.

## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

## 2. Descrizione tecnica di WendeWolf





## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

### Componenti del sistema

#### ➤ **WendelWolf®**

WendelWolf® è una macchina adibita al rivoltamento e al trasporto e rappresenta la parte centrale dell'essiccatore solare. La macchina è essenzialmente formata da un carroponete in acciaio, un tamburo rotante regolabile in altezza e dai sistemi di controllo per le macchine e la climatizzazione della serra.



Fig. 7 - WendelWolf®

La trazione e la rotazione del tamburo sono garantiti dai motori di azionamento a regolazione di frequenza. I motori di movimentazione consentono di raggiungere una velocità di traslazione rapida di 8 m/min e una velocità di servizio compresa tra 0,8 e 2,0 m/min. Il tamburo rotante gira ad una velocità di 2,5 m/s circa durante il processo di rivoltamento. La velocità di servizio si riduce in presenza di carichi elevati.

I pettini metallici seghettati del tamburo rivoltano il fango da essiccare per tutta la larghezza del letto ad una profondità regolabile e convogliano i fanghi dall'ingresso fino allo scarico attraverso tutto il capannone. È possibile rivoltare e spostare i fanghi in entrambe le direzioni: non sono presenti direzioni preferenziali. La movimentazione del tamburo con-

sente anche di eliminare le altezze di scarico superiori che si formano quando si scarica il fango con le pale gommate.

Inoltre, la rivoltatrice distribuisce i fanghi all'interno del capannone permettendo di accumulare il granulato essiccato fino all'altezza di 80 cm all'estremità della struttura. Non è consentito accedere all'area d'essiccazione o percorrerla con mezzi. La regolazione in altezza del tamburo è possibile attraverso l'azionamento del mandrino. La corsa del cilindro è superiore a 750 mm.

#### Esempio: WendelWolf SW-12

Diametro del tamburo rotante:	1,0 m
Lunghezza:	4,3 m
Larghezza totale:	11,7 m
Peso:	4-100 kg
Altezza libera:	2,6 m
Distanza delle corsie:	11,3 m
Classe di protezione dei motori:	IP66
Potenza del collegamento totale:	15 kW
Tensione:	400 V
Frequenza:	50 Hz
Numero di giri del tamburo:	30-60 giri/min
Marcia veloce:	8,0 m/min
Marcia di servizio:	0,8-2,0 m/min

#### ➤ **Sistema di controllo WendelWolf**

Il software WendelWolf rappresenta una soluzione unica nel suo genere e combina il monitoraggio e la regolazione della climatizzazione del capannone alla gestione di WendelWolf® per il convogliamento dei fanghi.

È disponibile un programma completamente automatico per l'essiccamento dei fanghi: i cicli di rivoltamento vengono controllati attraverso i tempi

## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

predefiniti o in base alle condizioni meteorologiche correnti.

La climatizzazione del capannone viene adattata tenendo conto dei dati meteorologici in modo da garantire un processo d'essiccazione ideale.

In modalità continua sono installati i programmi di servizio specifici per l'apporto e il convogliamento, ma anche per lo stoccaggio temporaneo e lo scarico del granulato.

- **Riempimento**  
Questo programma si utilizza per distribuire la massa fangosa appena introdotta. Gli accumuli (fino all'altezza di 1,0 m) vengono livellati e distribuiti fino ad ottenere uno spessore dello strato uniforme.
- **Rivoltamento**  
Questo programma si utilizza per la miscelazione e il dissodamento dei fanghi. In questo modo si ottiene una migliore essiccazione, si garantisce una buona ventilazione dei fanghi e si previene la formazione dei cattivi odori.
- **Spostamento**  
Questo programma si utilizza per il trasporto dei fanghi fino ad una destinazione a piacere. È possibile effettuare lo spostamento in entrambe le direzioni della serra.
- **Accumulo**  
L'accumulo viene utilizzato di solito per invasare il granulato essiccato in un'area della serra d'essiccazione. È possibile accumulare il granulato essiccato fino a raggiungere un'altezza di 80 cm e sottoporlo ad uno stoccaggio temporaneo fino al suo prelievo.

- **Scarico**  
Questo programma si utilizza per le operazioni di scarico dei fanghi di depurazione essiccati all'estremità della serra, come ad esempio in un deposito di stoccaggio o in un trasportatore.

### ➤ Impianti elettrotecnici

La potenza allacciata della rivoltatrice è pari a 14 kW circa: i valori dei ventilatori dell'aria di ricircolo (soffianti) sono pari a 0,6 - 0,7 kW circa per ogni 100 m<sup>2</sup> di superficie d'essiccazione.

È necessario predisporre in loco una connessione internet indipendente per il monitoraggio in remoto dell'impianto e per la trasmissione degli aggiornamenti software.

### ➤ Capannone d'essiccazione (serra)

Si tratta delle comuni strutture per serre disponibili in commercio che vengono leggermente adattate alle esigenze di un capannone d'essiccazione.

La struttura base offre una protezione adeguata dalla corrosione grazie all'acciaio zincato a caldo.

È possibile utilizzare diversi materiali per la copertura del tetto e delle pareti mantenendo una trasparenza dei materiali utilizzati pari o superiore all'85%.

È possibile utilizzare i materiali riportati di seguito per le operazioni di rivestimento.

### **Pellicole per serre**

Pellicole di polietilene (UV-5) in versione pellicola singola, pellicola doppia gonfiabile o comune pellicola a bolle per la realizzazione di serre ETFE (f-clean) in versione pellicola singola o pellicola doppia gonfiabile.

## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

### Lastre di copertura

Lastre in polycarbonato o PVC in versione semplice o doppia

### Vetro (singolo o doppio)

La scelta della copertura e le dimensioni della struttura portante, del tetto e delle pareti laterali devono prendere in considerazione le caratteristiche locali (carichi del vento / delle precipitazioni nevose).

È stato dimostrato che anche se il vetro presenta una trasparenza eccellente, è richiesta una progettazione più complessa della struttura portante rispetto alle coperture in materiali plastici.

### Confronto dei pesi delle coperture

4 mm di vetro kg/m <sup>2</sup> circa	10,0
Lastre a doppio strato circa	1,5 kg/m <sup>2</sup>
Pellicola doppia gonfiabile	0,7 kg/m <sup>2</sup> circa

Inoltre, un valido isolamento termico della copertura risulta vantaggioso, mentre una copertura dotata di una scarsa coibentazione termica si appanna in modo più facile. Questa situazione determina un minore apporto di radiazioni e quindi una minore evaporazione.

WendeWolf® richiede un'altezza libera di 2,2 metri circa da terra nella zona della corsia. Per questo motivo è necessario progettare le pareti laterali con un'altezza adeguata.

Si consiglia un'altezza di 2,5 metri circa per l'altezza di transito senza ostacoli in tutta la serra.

### ➤ Scavi e pareti laterali

Per la pavimentazione della serra risultano adeguate le superfici asfaltate, come per la costruzione di strade. In questo modo è possibile fare a meno delle lastre di cemento armato. Le pareti laterali di delimitazione fungono anche da corsia per WendeWolf® e possono essere realizzate con gli elementi prefabbricati in calcestruzzo o le tradizionali gettate in calcestruzzo per l'edilizia effettuate in loco. L'altezza del basamento, incluso il binario di scorrimento, deve essere di 0,85 m circa e la superficie d'appoggio della macchina di 0,20 m. La larghezza libera tra le pareti di delimitazione è di 11,3 m, ma è possibile adattare la soluzione tecnica della macchina anche ad altre larghezze.

È necessario rispettare i requisiti e le disposizioni in vigore a livello locale.

## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

### Dimensionamento degli impianti

Oltre ai dati meteorologici locali anche le valutazioni del funzionamento dell'impianto sono decisivi per il dimensionamento degli impianti d'essiccamento.

estate che in inverno perché nei mesi invernali è presente un minor apporto d'energia proveniente dalla radiazione solare.

### Funzionamento dell'impianto

In linea di massima, gli impianti d'essiccamento solare presentano due modalità di funzionamento. Da una parte è possibile utilizzare la modalità con essiccamento a lotti, dall'altra la modalità a processo continuo.

**WendeWolf®** consente entrambe le modalità di funzionamento sia continua che discontinua (a lotti). La selezione della modalità è di competenza del gestore, ma può essere modificata in qualsiasi momento senza effettuare aggiornamenti dell'impianto.

#### ➤ *Modalità a lotti*

Il riempimento avviene in tutta la serra d'essiccamento (o in parti della serra) e si utilizza WendeWolf® per rivoltare i fanghi. In questo modo, i fanghi sono sottoposti ad un'essiccamento graduale e si procede al prelievo quando si raggiunge il grado d'essiccazione desiderato.

La durata della sosta dei fanghi all'interno della serra è più breve in estate che in inverno perché nei mesi invernali è presente un minor apporto d'energia proveniente dalla radiazione solare. Per questo motivo, in estate i lotti rimangono all'interno della serra per un periodo più breve che in inverno.

#### ➤ *Modalità continua*

In modalità continua, si aggiungono i fanghi da un lato della serra d'essiccazione e si rimuovono dall'altro lato. Durante il processo d'essiccamento, WendeWolf® rivoltava e convogliava i fanghi lungo tutto la serra. La durata della sosta dei fanghi all'interno della serra è più breve in

## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

### Apporto di fanghi / Alimentazione

In linea di massima, sono presenti due metodi per l'apporto dei fanghi:

#### ➤ *Alimentazione a quantità costanti*

I fanghi vengono trasferiti alle serre d'essiccazione nello stesso modo in cui si presentano negli impianti di depurazione. Di solito si tratta della stessa quantità della torta del filtro per ogni settimana, ma con piccole fluttuazioni. L'apporto dei fanghi si basa sulla produzione e non sull'eventuale evaporazione all'interno della serra d'essiccazione. Tuttavia, dato che l'esposizione al sole in inverno raggiunge solo il 25%-35% circa di quella estiva, in inverno i fanghi presenti nelle serre d'essiccazione vengono principalmente sottoposti a stoccaggio, ribaltamento e ventilazione perché il tasso d'evaporazione risulta soltanto ridotto.

Questo aspetto viene preso in considerazione per il dimensionamento delle serre che sono adattati ai colli di bottiglia dell'inverno e della primavera. In estate, la capacità d'essiccazione della serra non viene sfruttata completamente dato che negli impianti di depurazione non si accumula tanto fango quanto quello che si potrebbe essiccare.

#### ➤ *Alimentazione a quantità variabili*

In questa modalità, l'apporto di fanghi viene adattato all'apporto di radiazioni: in inverno si fornisce una quantità di fanghi inferiore che in estate. In questo modo, è possibile ridurre dal 25% al 30% circa le dimensioni delle serre dell'Europa centrale. I fanghi prodotti in in-

verno sono sottoposti ad uno stoccaggio temporaneo e vengono coinvolti nel processo in estate. Lo stoccaggio dei fanghi con una ventilazione, scarsa o del tutto assente, al di fuori delle serre d'essiccazione può provocare la formazione di cattivi odori.

**Il processo WendelWolf consente l'apporto dei fanghi con entrambi i metodi di alimentazione: è possibile fornire sempre le stesse quantità nel corso dell'anno oppure la quantità dell'apporto può essere inferiore in inverno rispetto all'estate.**



## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

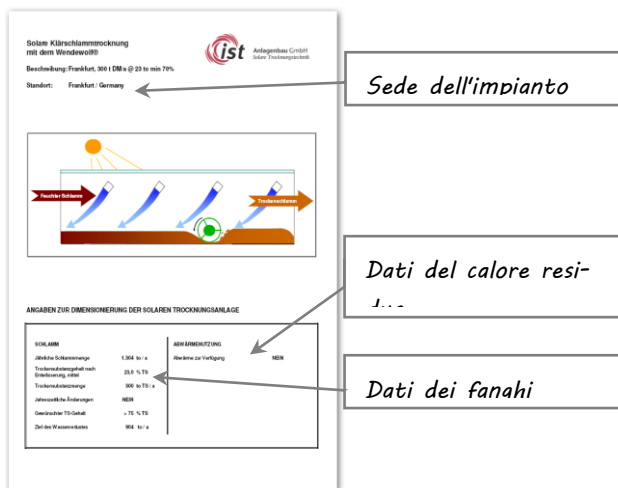
V 2-0/2021

### Esempio di un dimensionamento / Simulazione

Le dimensioni dell'impianto vengono calcolate con un programma di simulazione in base ai dati forniti relativi alla quantità dei fanghi, al grado di disidratazione, al livello d'essiccazione desiderato e alle quantità di calore residuo eventualmente disponibili.

Di seguito sono riportati i dati che vengono forniti.

#### Pagina 1: disposizioni



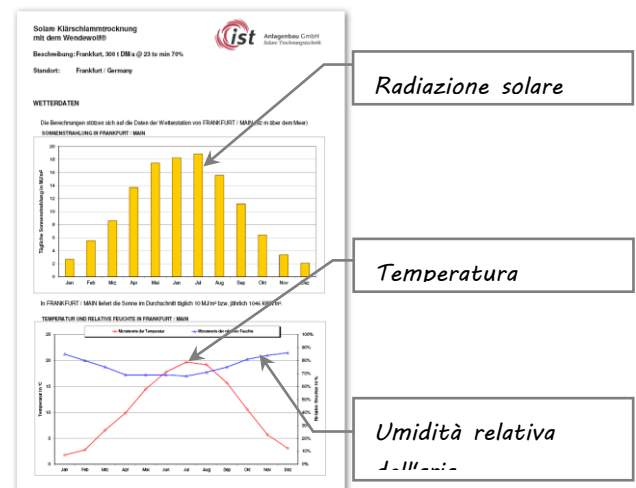
**Sede dell'impianto**

**Dati del calore resi-  
J...-**

**Dati dei fanghi**

SOLKAMM		ABWÄRMENUTZUNG	
Jährliche Schlammmenge	1.004 t/a	Abwärmeeinrichtung	NEIN
Trocknungseffizienz nach Einkreisungsgleichung	25,8 % TS		
Trocknungseffizienz	30,0 % TS		
Jährlicher TS-Eintrag	920 t		
Gesetzlicher TS-Gehalt	> 75 % TS		
Durch den Wassereinsatz	954 t/a		

#### Pagina 2: dati meteorologici



**Radiazione solare**

**Temperatura**

**Umidità relativa  
J-III-...-:-**

WETTERDATEN  
Die Berechnungen stützen sich auf die Daten der Wetterstation von FRANKFURT (Mittelwert über den Monat)  
SONNENSTRÄHLUNG IN FRANKFURT (Mittelwert über den Monat)

Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sept	Ok	Nov	Dez
Typische Sonneneinstrahlung in MJ/m²	~2	~4	~8	~12	~15	~18	~19	~18	~12	~6	~3	~1

In FRANKFURT (Mittelwert der Sonne in Durchschnitt täglich 10 Minuten bzw. jährlich 1044,93007h)

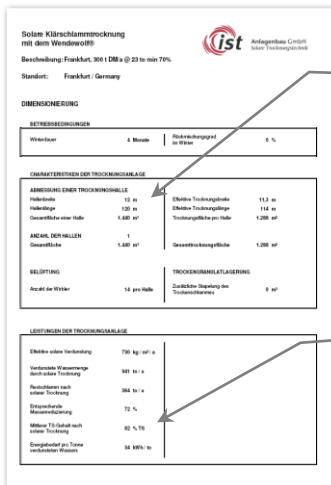
Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sept	Ok	Nov	Dez
Temperatur in °C	~5	~6	~9	~11	~14	~17	~19	~18	~14	~10	~7	~5
Relative Feuchtigkeit in %	~95	~85	~75	~65	~60	~65	~75	~85	~90	~95	~98	~100

## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

### Pagina 3: dimensioni e prestazioni



**Solare Klärschlamm-trocknung mit dem WendWolf®**  
Standort: Frankfurt / Germany

**DIMENSIONIERUNG**

**SEITENSCHENKUNGEN**

WendWolf	4 Module	Flächenbelegung an Wälder	8 %
----------	----------	---------------------------	-----

**ABMESSUNGEN EINER TROCKNUNGSHALLE**

Hallenbreite	12 m	Effektive Trocknungshöhe	11,3 m
Hallenlänge	120 m	Effektive Trocknungslänge	114 m
Gesamthöhe ohne Halle	1.480 m <sup>2</sup>	Trocknungshöhe pro Halle	1.288 m <sup>2</sup>

**ANZAHLE DER HÄLLEN**

Anzahl	4	Gesamtfläche	1.288 m <sup>2</sup>
--------	---	--------------	----------------------

**BELEGTUNG**

Anzahl der Wälder	14 pro Halle	Trockneranzahl pro Trocknungshalle	6 m <sup>2</sup>
-------------------	--------------	------------------------------------	------------------

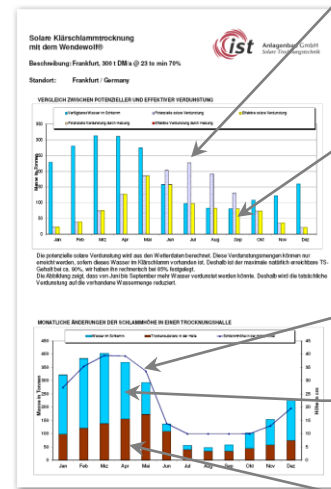
**LEISTUNGEN DER TROCKNUNGSHALLE**

Effektive Flächenleistung	730 kg / m <sup>2</sup> / a
Verfügbare Wassermenge durch die Trocknung	341 m <sup>3</sup> / a
Restwasser nach solarer Trocknung	364 m <sup>3</sup> / a
Ertragsrate Nassschlammleistung	72 %
Wasser TS Gehalt nach solarer Trocknung	81 % TS
Grundkosten pro Tonne verdunsteter Wasser	34 kWh / t

Numero di serre e dimensioni

Dati delle prestazioni dell'impianto

### Pagina 4: evaporazione e bilancio dei fanghi per ogni capannone



**Solare Klärschlamm-trocknung mit dem WendWolf®**  
Standort: Frankfurt / Germany

**VERGLEICH ZWISCHEN POTENZIELLER UND EFFEKTIVER VERDUNSTUNG**

Die potenzielle Verdunstung wird aus dem Witterungsbericht. Diese Verdunstungswerte können nur erreicht werden, wenn diese Werte in Trockenzeiten vorhanden ist. Durch die im normalen wetterbedingten TS Gehalt hat es 50%, wo haben die nachweislich bei 50% Temperatur. Die Effektivität zeigt, dass ein Jahr bei September mehr Wasser verdunstet werden könnte. Durch die Verdunstung auf die vorhandene Wassermenge reduziert.

**MONATLICHE ANDEHNUNGEN DER SCHLAMMSTÄUHE IN EINER TROCKNUNGSHALLE**

Evaporazione potenzialmente raggiungibile

Evaporazione raggiunta in relazione alla sede e alla moda-

Altezza dei fanghi nella camera (cm)

Quantità d'acqua per ogni camera (t)

Materia secca per ogni camera (t)

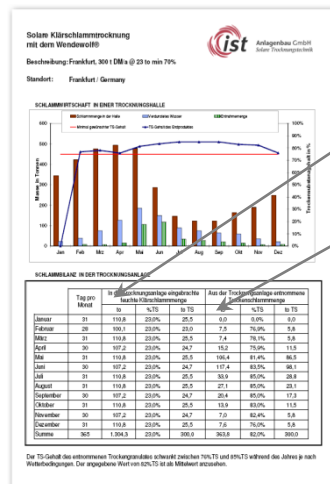
## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

### Pagina 5: Bilancio dei fanghi di tutto l'impianto

Grafico e tabella



Apporto di fanghi

Prelievo del granulato

## Descrizione generale del sistema

Impianti solari d'essiccamento dei fanghi di depurazione

V 2-0/2021

### 3- Confronto degli impianti

Quando si confrontano gli impianti di essiccazione, è necessario prestare particolare attenzione al metodo di alimentazione dell'impianto (apporto di quantità costanti o variabili delle torte del filtro).

#### Esempio

Sede: Francoforte sul Meno

Apporto: 300 tonnellate di materia secca all'anno con 23% TS

(valore pari a 1-300 tonnellate circa di torte del filtro all'anno)

Obiettivo dell'essiccazione: 75% TS

#### A.) Apporto di quantità costanti

Apporto di 110 tonnellate circa di torte del filtro al mese

=> Area d'essiccazione: 1-288 m<sup>2</sup> circa  
(1 serra, 12 x 120 metri)

=> Capacità d'evaporazione: 730 kg/m<sup>2</sup> \*a  
circa

#### B.) Apporto di quantità variabili

Apporto di 52 tonnellate circa di torte del filtro al mese in inverno e fino a 200 tonnellate circa al mese in estate

=> Area d'essiccazione: 904 m<sup>2</sup> circa  
(1 serra, 12 x 86 metri)

=> Capacità d'evaporazione: 1-030 kg/m<sup>2</sup> \*a  
circa

#### Bilancio dei fanghi

SCHLAMMBILANZ IN DER TROCKNUNGSANLAGE							
	Tag pro Monat	In die Trocknungsanlage eingebrachte feuchte Klärschlammmenge			Aus der Trocknungsanlage entnommene Trockenschlammmenge		
		to	%TS	to TS	to	%TS	to TS
Januar	31	110,8	23,0%	25,5	0,0	0,0%	0,0
Februar	28	100,1	23,0%	23,0	7,5	76,9%	5,8
März	31	110,8	23,0%	25,5	7,4	79,1%	5,8
April	30	107,2	23,0%	24,7	15,2	75,9%	11,5
Mai	31	110,8	23,0%	25,5	106,4	91,4%	96,5
Juni	30	107,2	23,0%	24,7	117,4	93,5%	98,1
Juli	31	110,8	23,0%	25,5	33,9	85,0%	28,8
August	31	110,8	23,0%	25,5	27,1	85,0%	23,1
September	30	107,2	23,0%	24,7	20,4	85,0%	17,3
Oktober	31	110,8	23,0%	25,5	13,9	83,0%	11,5
November	30	107,2	23,0%	24,7	7,0	82,4%	5,8
Dezember	31	110,8	23,0%	25,5	7,6	76,0%	5,8
Summe	365	1.304,3	23,0%	300,0	363,8	82,0%	300,0

Der TS-Gehalt des entnommenen Trockengranulates schwankt zwischen 76%TS und 85%TS während des Jahres je nach Wetterbedingungen. Der angegebene Wert von 82%TS ist als Mittelwert anzusehen.

SCHLAMMBILANZ IN DER TROCKNUNGSANLAGE							
	Tag pro Monat	In die Trocknungsanlage eingebrachte feuchte Klärschlammmenge			Aus der Trocknungsanlage entnommene Trockenschlammmenge		
		to	%TS	to TS	to	%TS	to TS
Januar	31	52,2	23,0%	12,0	0,0	0,0%	0,0
Februar	28	52,2	23,0%	12,0	8,2	76,6%	6,3
März	31	78,3	23,0%	18,0	6,3	79,1%	5,0
April	30	108,7	23,0%	25,0	19,1	79,4%	15,0
Mai	31	152,2	23,0%	35,0	63,1	79,2%	50,0
Juni	30	173,9	23,0%	40,0	64,9	81,6%	53,0
Juli	31	208,7	23,0%	48,0	72,0	80,6%	58,0
August	31	156,5	23,0%	36,0	58,9	82,1%	48,4
September	30	108,7	23,0%	25,0	43,5	84,1%	36,8
Oktober	31	108,7	23,0%	25,0	19,8	77,0%	15,3
November	30	52,2	23,0%	12,0	7,9	79,1%	6,3
Dezember	31	52,2	23,0%	12,0	8,2	76,1%	6,3
Summe	365	1.304,3	23,0%	300,0	372,0	81,0%	300,0

Der TS-Gehalt des entnommenen Trockengranulates schwankt zwischen 75%TS und 85%TS während des Jahres je nach Wetterbedingungen. Der angegebene Wert von 81%TS ist als Mittelwert anzusehen.

Con un apporto dei fanghi variabile (B), è possibile ridurre l'area d'essiccazione del 30% circa.