



# Progetto Life+ 2009



**Bio.Lea.R**

Biogas Leachate Recovery



# PROGETTO BIOLEAR

- Progetto BioLeaR: l'idea e gli obiettivi
- Discarica per rifiuti non pericolosi: costruzione, coltivazione, chiusura e recupero ambientale
- Ottimizzazione Post gestione della discarica
- Impianti realizzati e sistema di monitoraggio
- Risultati attesi





# CHE COS'È BIOLEAR?

**Biolear** è il progetto ideato da GAIA SpA e dal Politecnico di Torino, che nel 2010 ha ottenuto il co-finanziamento del programma LIFE+ promulgato dall'Unione europea.

**Life+** nasce nel 1992, con lo scopo di contribuire al miglioramento e allo sviluppo della politica e della legislazione ambientale europea, attraverso il co-finanziamento di progetti che mirano alla protezione dell'ambiente.

Biolear ha l'obiettivo di gestire la discarica per rifiuti non pericolosi di Cerro Tanaro, (AT) come un "bioreattore", sfruttando il percolato e le acque di scarto per umidificare la massa di rifiuti per incrementare la produzione di biogas da captare ai fini energetici.





# PROGETTO BIOLEAR

Discarica per rifiuti non pericolosi

Post gestione

BioLeaR: idea e obiettivi

Impianti e monitoraggio

Risultati attesi

Discarica per rifiuti non pericolosi:

- Smaltimento finale dei rifiuti non recuperabili
- Obiettivo: ridurre al minimo l'impatto ambientale
- Normativa di settore: D.Lgs. 36/2003
- Fasi operative: costruzione, gestione operativa (coltivazione), **gestione post operativa**



Bio.Lea.R



# PROGETTO BIOLEAR

Discarica per rifiuti non pericolosi

Post gestione

BioLeaR: idea e obiettivi

Impianti e monitoraggio

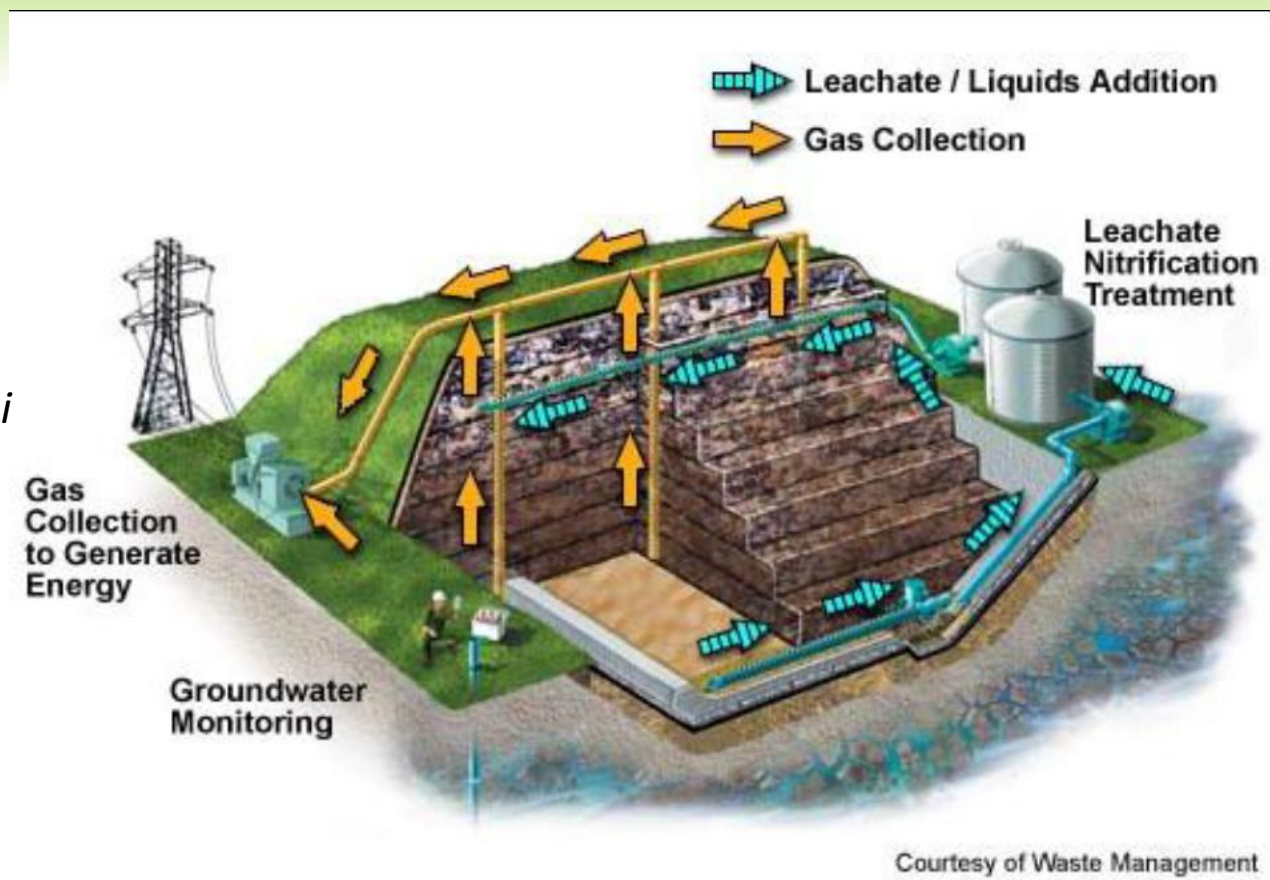
Risultati attesi





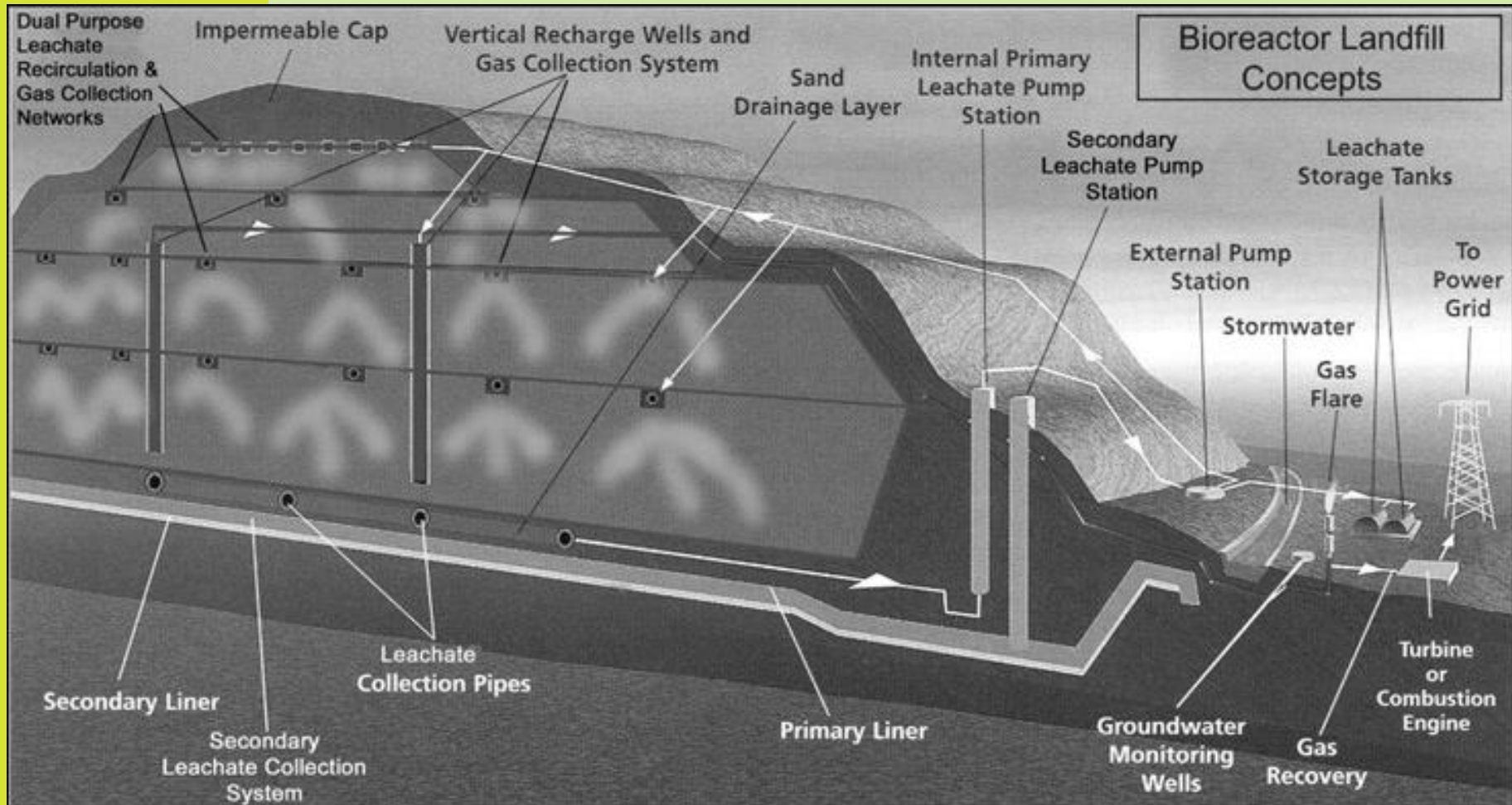
# LA DISCARICA COME BIOREATTORE

*Le condizioni dei liquidi e dei gas sono gestite attivamente allo scopo di accelerare o promuovere la biostabilizzazione dei rifiuti. La **discarica bioreattore** aumenta significativamente l'attività di decomposizione dei rifiuti, del tasso di trasformazione e dell'efficacia del processo rispetto ad una discarica tradizionale.*



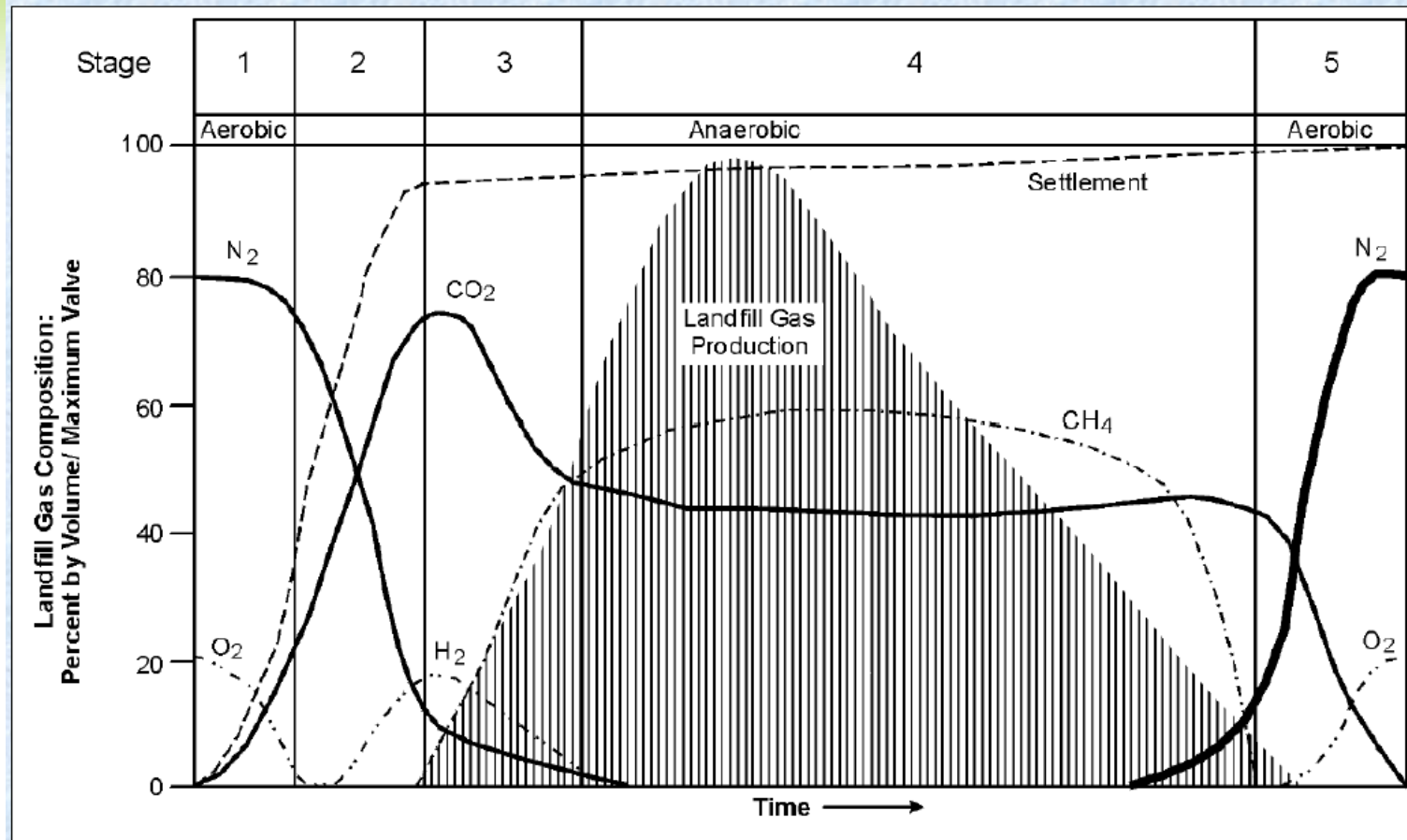


# LA DISCARICA COME BIOREATTORE





# LANDFILL GAS COMPOSITION



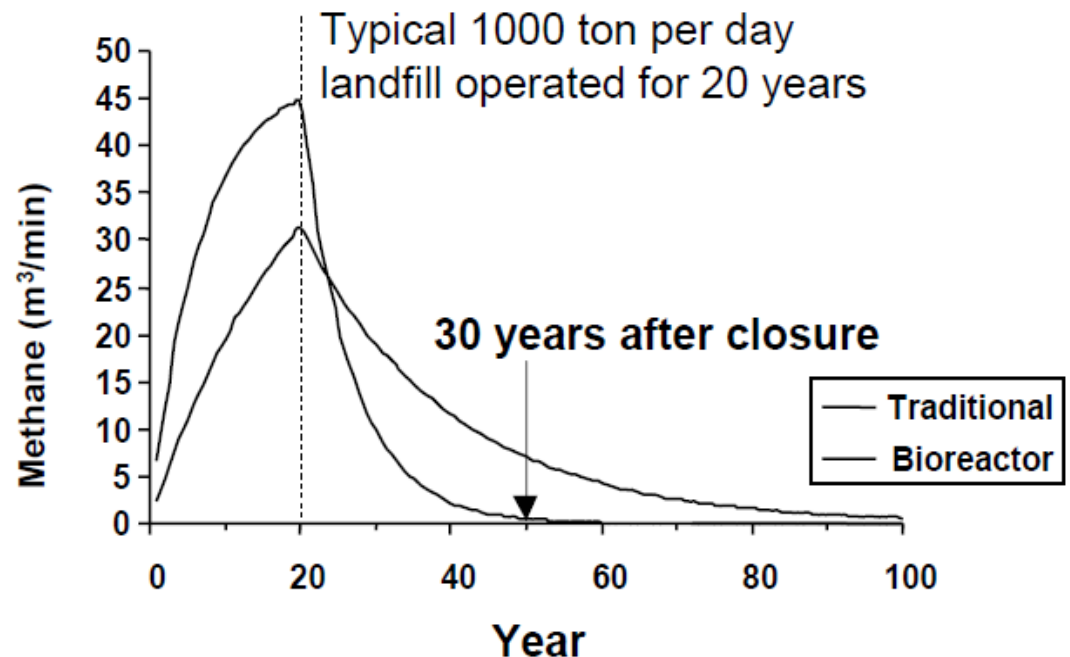




# VANTAGGIO DELLA DISCARICA COME BIOREATTORE

## BENEFICI POTENZIALI

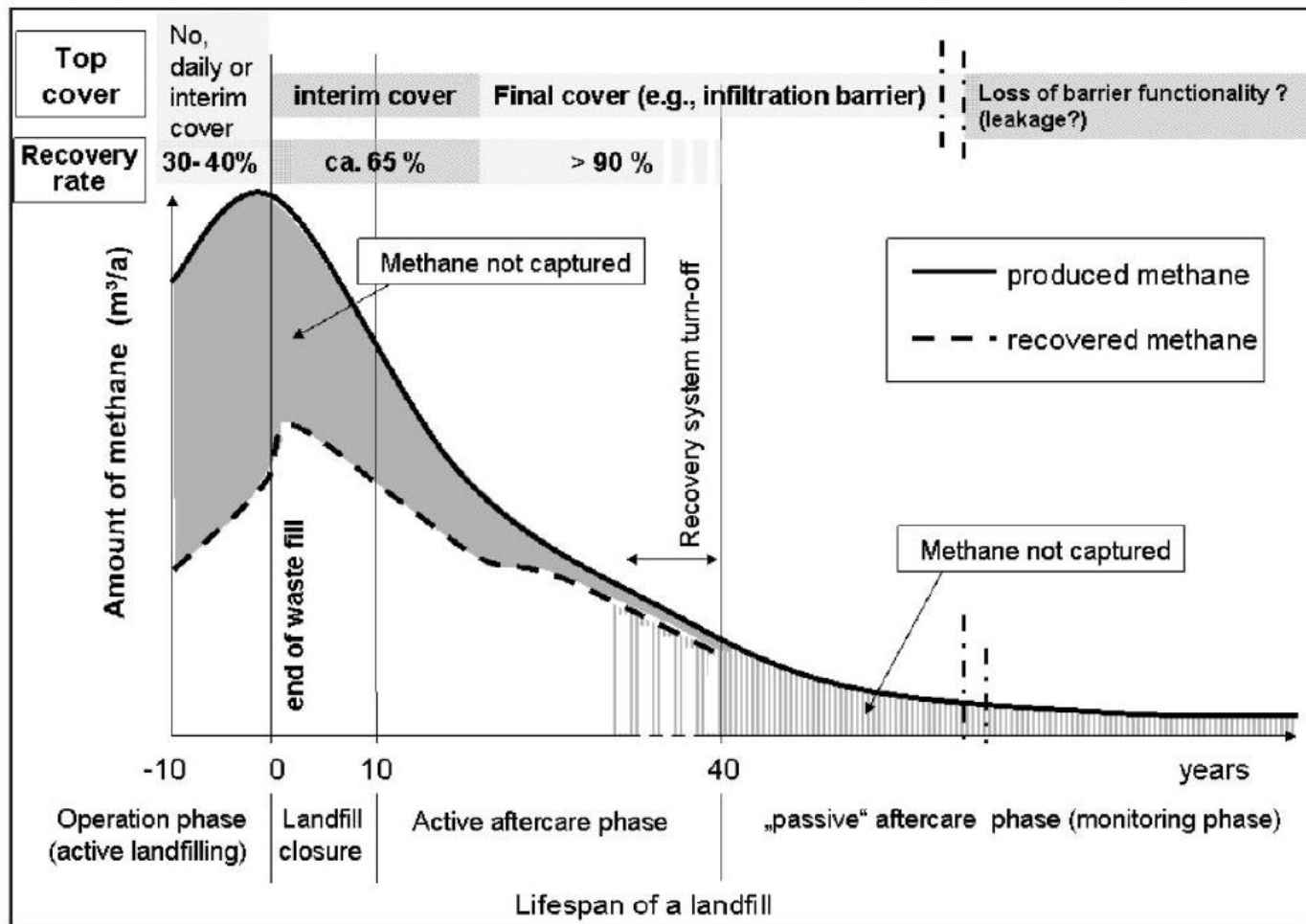
- Aumentare il volume di smaltimento dei rifiuti attraverso il rapido assestamento
- Migliorare la flessibilità della gestione del percolato
- Aumentare la produzione e la possibilità di recupero energetico del biogas
- Ridurre il contenuto di sostanze inquinanti contenute nei rifiuti, nel percolato e nel biogas
- Ridurre i costi ed i rischi nella gestione post chiusura
- Rendere maggiormente sostenibile la gestione dei rifiuti in discarica





# PRODUZIONE DI BIOGAS

(DA HUBER-HUMER ET.AL. 2009)





# TIPI DI BIOREATTORE

## Tipologia realizzativa

Bioreattore “as-built”

Bioreattore “retrofit”

## Fase di decomposizione

Aerobico

Anaerobico

Ibrido

## Modalità iniezione

- ⊙ **percolato** o condensato di LFG
- ⊙ acqua sotterranea o **superficiale**
- ⊙ *co-disposal* mediante rifiuti molto umidi (es. fanghi dal trattamento delle acque reflue)





# L'IDEA DEL PROGETTO

**L'umidità** è un parametro critico per regolare i processi biologici di produzione del biogas: un'umidità insufficiente rallenta e inibisce l'attività biologica dei batteri metanigeni (discarica secca); un grado ottimale di umidità sviluppa una maggior produzione di biogas nei primi anni di post gestione e contemporaneamente accelera la stabilizzazione della discarica.

**L'idea** è quella di ridurre il periodo di post gestione della discarica **regolando l'umidità** dei rifiuti attraverso il riutilizzo del percolato e delle acque di scarto, gestendo così la discarica in una modalità chiamata **“bioreattore”**.

Il fine ultimo è incrementare la quantità di biogas utilizzabile per la produzione di energia elettrica.





# GLI OBIETTIVI

Gli obiettivi che Biolear si propone di raggiungere sono:

- attuare un sistema di umidificazione dei rifiuti efficace ed efficiente;
- monitorare l'andamento della distribuzione dell'umidità, attraverso indagini geofisiche sulla conducibilità, e l'andamento delle temperature nella parte di discarica oggetto della sperimentazione;
- indurre una maggiore attività microbica e quindi una maggiore produzione di biogas;
- studiare la correlazione tra regolazione dell'umidità dei rifiuti e aumento della produzione di biogas;
- costituire la base per ulteriori studi tecnici e per lo sviluppo di tecnologie innovative.



# ELEMENTI CHIAVE

- Capacità di campo
- Conducibilità idraulica
- Vie preferenziali di flusso verticale
- Presenza orizzonti intermedi a bassa permeabilità
- Disponibilità di percolato e di acqua superficiale



# LIQUIDO DA AGGIUNGERE

- ① **Approccio tipico:** incrementare l'umidità naturale dei rifiuti fino a raggiungere la loro capacità di campo
- ① **Capacità di campo:** il contenuto in umidità che il rifiuto può contenere sotto l'azione della gravità (acqua di ritenzione)

- ① 
$$U(\%) = \frac{\text{Peso umido} - \text{Peso secco}}{\text{Peso Secco}} \times 100$$

- ① **Urifiuto = 40-60% del peso umido**



# CAPACITA' DI CAMPO

(WARITH ET AL. 2005)

Field Capacity % wet weight	Density, kg m <sup>-3</sup> (lb yd <sup>-3</sup> )	Reference
53	213 <sup>a</sup> (359)	Kmet, 1982
54	500-800 (843-1350)	Quasim and Buchinal, 1970
43-50 <sup>b</sup>	500-800 (843-1350)	Reinhart and Ham, 1974
53 <sup>b</sup>	690-950 (1160-1600)	Reinhart and Ham, 1974
47	710 (1200)	Reinhart and Ham, 1974
20-30	616 <sup>a</sup> (1038)	Holmes, 1983
20-35	688 (1160)	Korfiatis et al, 1984
36.8	310 (520)	Oweis et al, 1990
28.6	287 (485)	Walsh and Kinman, 1979
31-48	503 (850)	Remson et al, 1968
48	440 (735)	Canziani and Cossu, 1989
35	474 (800)	Fungaroli and Steiner, 1979

<sup>a</sup> dry ; <sup>b</sup> shredded





# CONDUCIBILITA' IDRAULICA

**Table 1.** Previous Studies Reporting Hydraulic Conductivity of MSW

Measurements	Hydraulic conductivity (cm/s)	Test
<b>Laboratory</b>		
Fungaroli and Steiner (1979)	$10^{-4}$ – $10^{-2}$	Constant head
Korfiatis et al. (1984)	$8 \times 10^{-3}$ – $1.3 \times 10^{-2}$	Constant head
Noble and Arnold (1991)	$8.4 \times 10^{-5}$ – $6.6 \times 10^{-4}$	Constant head
Bleiker et al. (1993)	$1 \times 10^{-8}$ – $3 \times 10^{-7}$	Falling head
Chen and Chynoweth (1995)	$4.7 \times 10^{-5}$ – $9.6 \times 10^{-2}$	Constant head
Landva et al. (1998)	$2 \times 10^{-6}$ – $2 \times 10^{-3}$	Constant head <sup>a</sup>
	$4 \times 10^{-5}$ – $1 \times 10^{-3}$	Constant head <sup>b</sup>
Powrie and Beaven (1999)	$3.7 \times 10^{-6}$ – $1.5 \times 10^{-2}$	Constant head
Jang et al. (2002)	$2.91 \times 10^{-4}$ – $2.95 \times 10^{-3}$	Constant head
<b>Field</b>		
Ettala (1987)	$5.9 \times 10^{-3}$ –0.25	Pumping test (Jacob method)
Oweis et al. (1990)	$1.0 \times 10^{-3}$ – $2.5 \times 10^{-3}$	Pumping test (Theis method)
Shank (1993)	$6.7 \times 10^{-5}$ – $9.8 \times 10^{-4}$	Slug test
Townsend et al. (1995)	$3 \times 10^{-6}$ – $4 \times 10^{-6}$	Zaslavasky wetting front
Landva et al. (1998)	$10^{-3}$ – $3.9 \times 10^{-2}$	Flow nets
Wysocki et al. (2003)	$1.2 \times 10^{-5}$ – $6.3 \times 10^{-4}$	Pumping test

<sup>a</sup>Hydraulic conductivity in the vertical direction.

<sup>b</sup>Hydraulic conductivity in the horizontal direction.



# MODALITA' INIEZIONE

## Sistemi di superficie

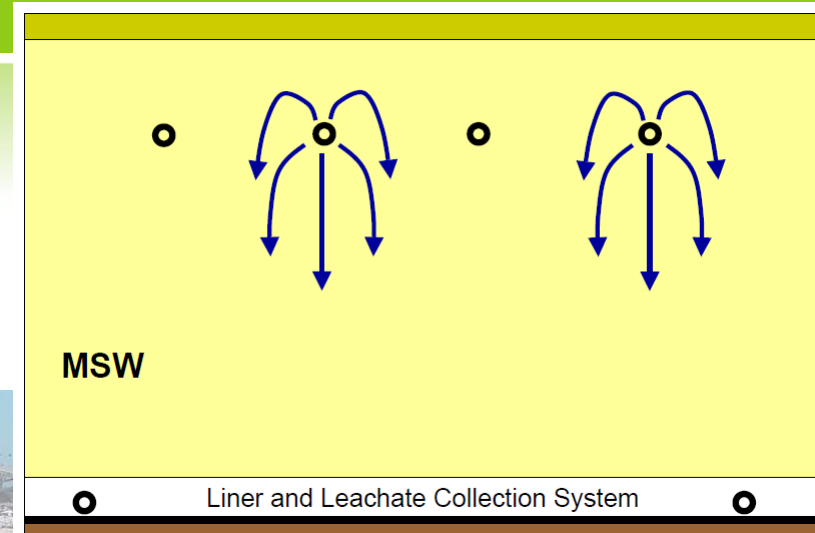
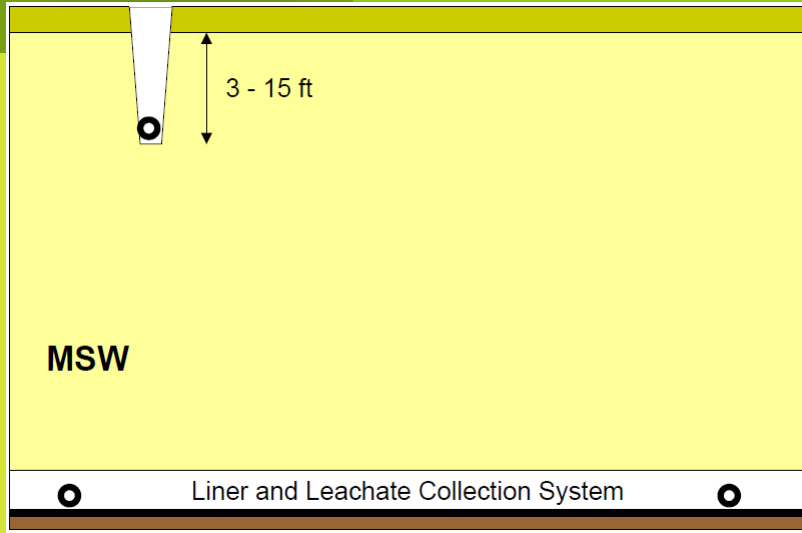
- Irrigazione a spruzzo
- Irrigazione a goccia
- Irrigazione con autobotte
- Vasche e campi di infiltrazione
- Trincee superficiali

## Sistemi sub-superficiali

- Pozzi verticali di iniezione
- Trincee orizzontali
- Superfici d'infiltrazione (*blankets*)
- Sistemi combinati

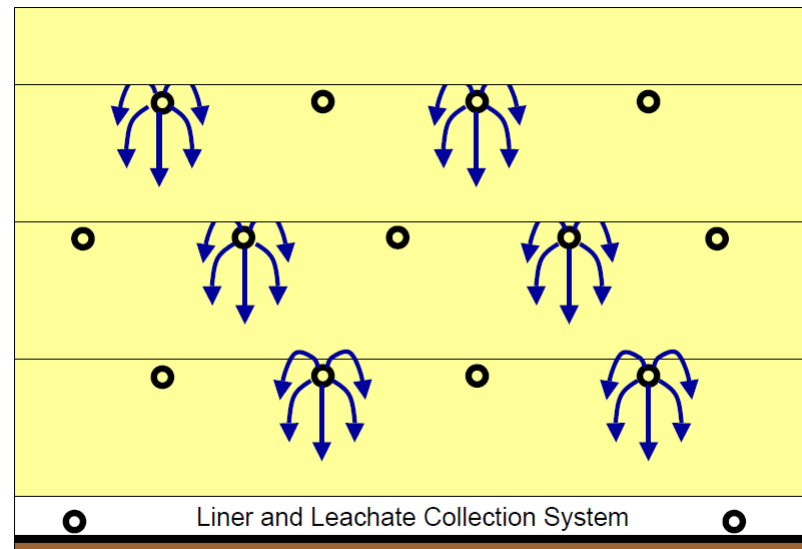
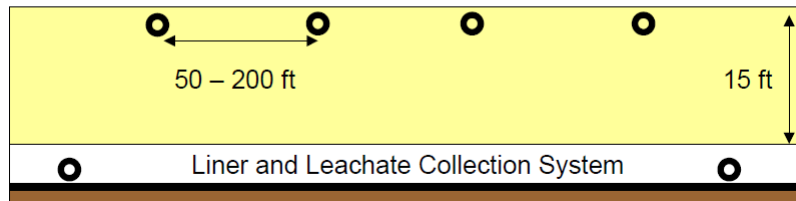


# INIEZIONE IN TRINCEE SUPERFICIALI



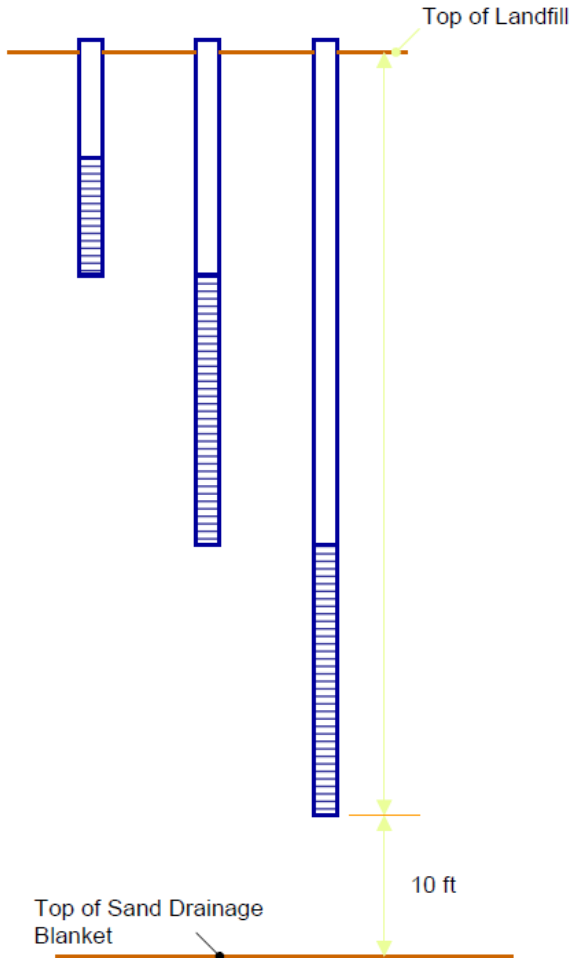


# INIEZIONE IN TRINCEE PROFONDE





# POZZI VERTICALI



# GAIA E IL POLITECNICO DI TORINO



**GAIA** (Gestione Ambientale Integrata dell'Astigiano) è l'azienda che gestisce, attraverso un sistema integrato, il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti urbani da raccolta differenziata e indifferenziata, provenienti dal bacino astigiano.

Nell'ambito del progetto **LIFE+**, **GAIA** si occupa dell'allestimento della discarica che ospita il sistema sperimentale e della preparazione dei sistemi di monitoraggio. Inoltre in qualità di coordinatore gestisce e organizza le attività del progetto, dalla regolazione del sistema, all'acquisizione dei dati e alle azioni di divulgazione.

Ai Dipartimenti DISAT e DIATI del **Politecnico di Torino**, è affidata la parte scientifica del progetto: monitoraggio geofisico, analisi chimiche da effettuare sui rifiuti e sul percolato e divulgazione alla comunità scientifica dei risultati.



# LA DISCARICA DI CERRO TANARO

La parte di discarica che ospita la  
sperimentazione ha un volume di 360.000 m<sup>3</sup>.



20/12/2012



# LA DISCARICA DI CERRO TANARO

Discarica per rifiuti non pericolosi

Coltivazione e chiusura

Post gestione

BioLeaR: idea e obiettivi

Impianti e monitoraggio

Risultati attesi

Il **percolato** è raccolto da un sistema di drenaggio e avviato a smaltimento in impianti esterni

Il **biogas** viene captato da una rete di pozzi costruiti nella massa dei rifiuti ed è convogliato verso una centrale di recupero energetico che lo utilizza per la produzione di energia elettrica rinnovabile immessa poi nella rete di distribuzione ENEL.



Bio.Lea.R





# LE FASI DEL PROGETTO

Le principali fasi del progetto sono:

- Progettazione e realizzazione del sistema di ricircolo del percolato
- Caratterizzazione fisico-chimica dei rifiuti on site e in laboratorio (definizione capacità di campo, permeabilità dei rifiuti, test di infiltrazione, caratterizzazione geofisica)
- Progettazione e predisposizione di rete di monitoraggio
- Sperimentazione iniziale con infiltrazione parziale
- Ricircolo esteso su tutta la cella
- Analisi dei risultati
- Divulgazione









# DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il sistema di ricircolo e recupero è costituito da:

- **sistema di captazione del biogas:** 26 pozzi di captazione costituiti da tubi fessurati in HDPE, 3 stazioni di regolazione, 16 tubi fessurati che formano una rete orizzontale e un sistema di captazione perimetrale;
- **sistema di iniezione dei fluidi:** rete orizzontale di tubi forati in HDPE e 4 tubi verticali per l'iniezione di percolato e acque di scarto, supportati da un sistema di pompaggio;





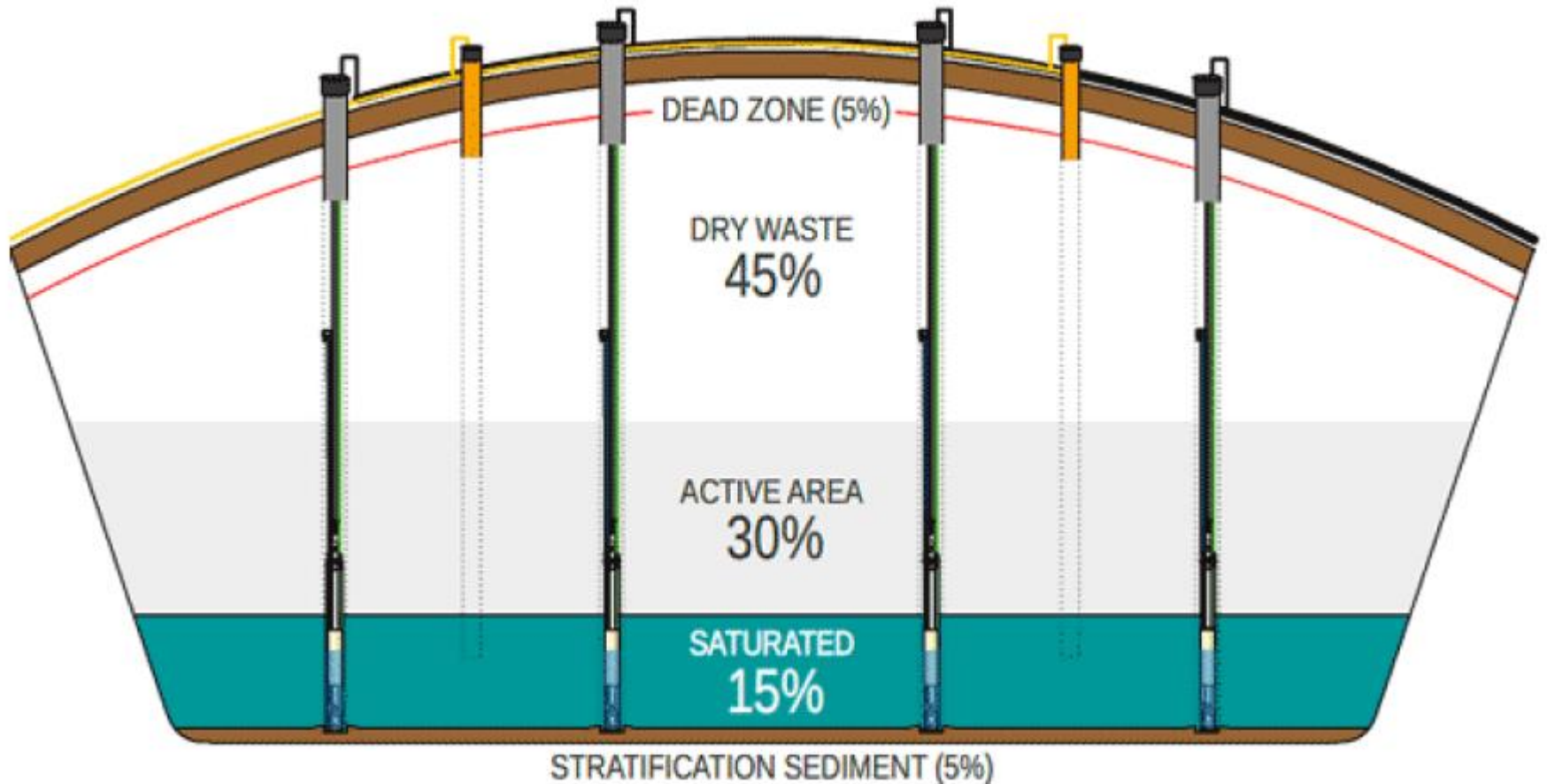
# DESCRIZIONE DEL SISTEMA



- centrale di recupero energetico per l'immissione di energia elettrica in rete (potenza massima di 330 kWel);
- sistema di monitoraggio: sonde di temperatura e sonde geofisiche per la misura della conducibilità elettrica, analisi qualitative e quantitative su biogas, rifiuti e percolato.



# IMPORTANZA DEL MONITORAGGIO





# IMPORTANZA DEL MONITORAGGIO

- Qualità del percolato
- Quantità di percolato estratto
- Quantità di percolato immesso
- Distribuzione del fluido immesso
- Livello di percolato sul fondo
- Qualità di LFG estratto
- Quantità di LFG estratto
- Emissioni di LFG (atmosfera e sottosuolo)
- Caratteristiche dei rifiuti (composizione e umidità)
- Assestamento e stabilità



# PARAMETRI MONITORAGGIO PERCOLATO DI RICIRCOLO

- Temperature, pH, Conductance
- Total dissolved solids (TDS)
- Alkalinity, Chloride
- Biological oxygen demand (BOD)
- Chemical oxygen demand (COD)
- Total organic carbon (TOC)
- Ammonia





# CONTROLLO SISTEMA INIEZIONE





# PARAMETRI MONITORAGGIO GAS

## Flusso di gas totale

### Composizione Gas

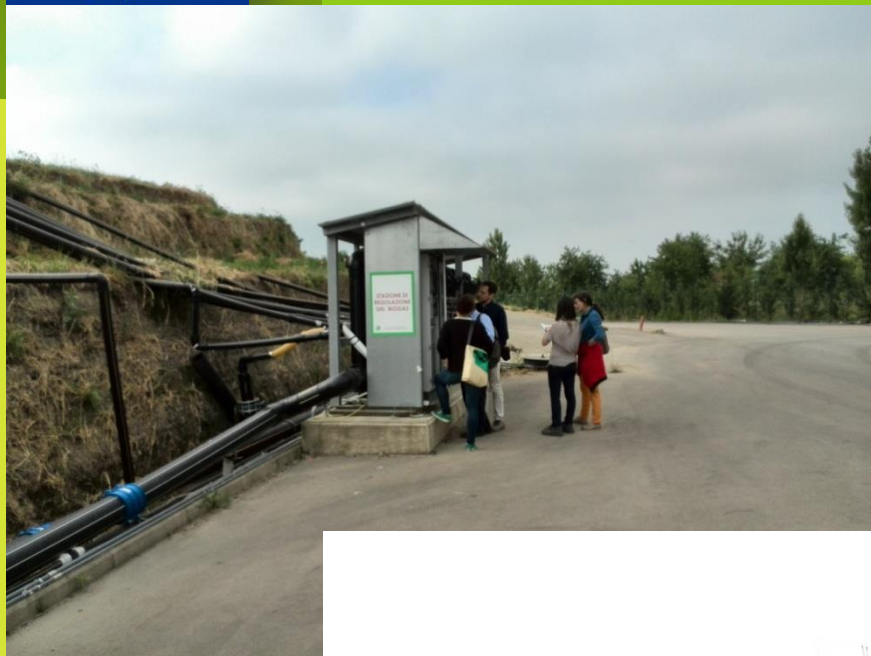
- Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)
- Methane (CH<sub>4</sub>)
- Oxygen (O<sub>2</sub>)
- Carbon monoxide (CO)

### Emissioni

- Well head gas
- Fugitive emissions



# VOLUME E QUALITA' BIOGAS



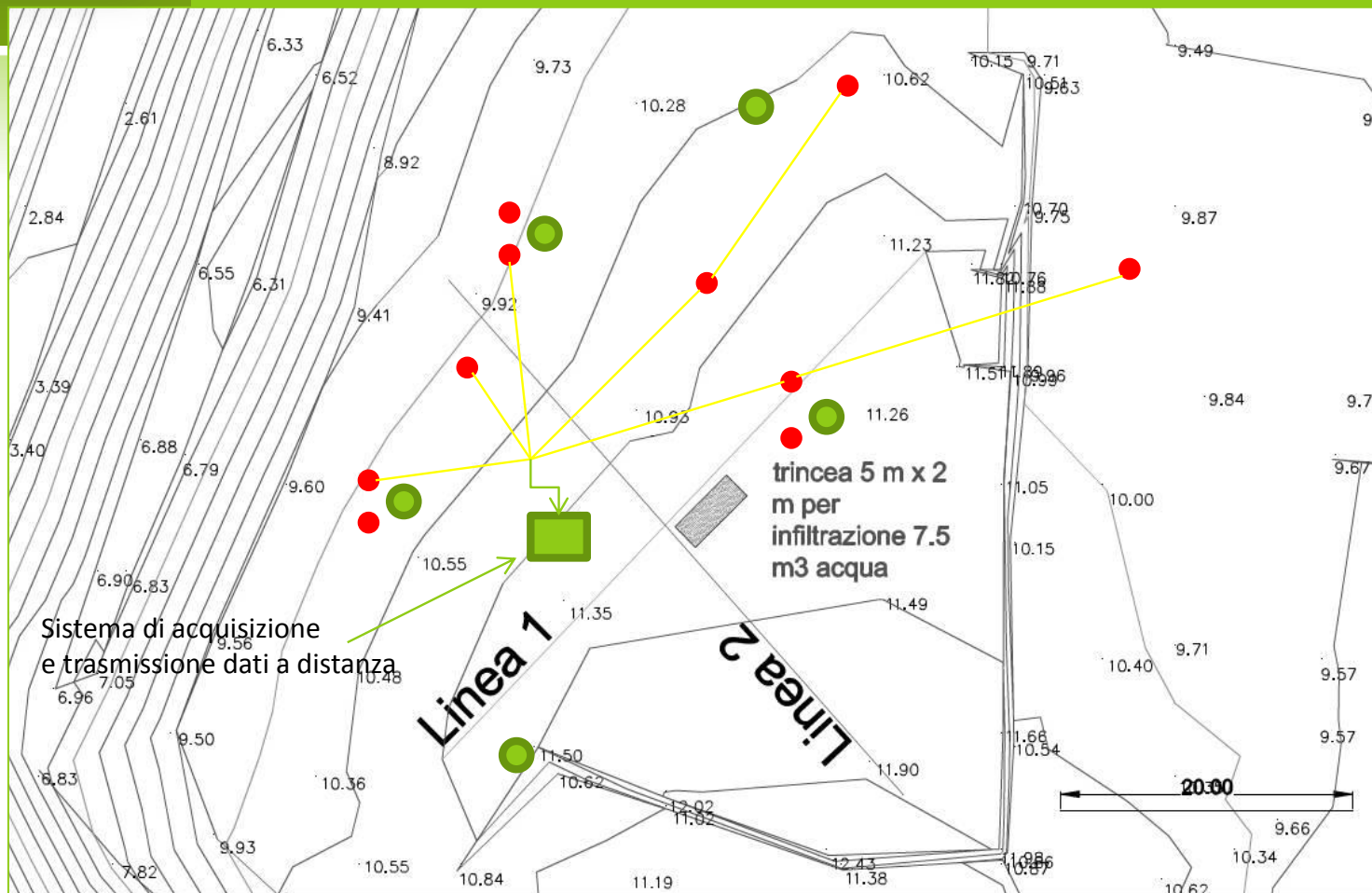


# SISTEMA INIEZIONE: TESTE POZZO





# RETE DI POZZI ATTEZZATI CON SENSORI DI CONDUCIBILITÀ ELETTRICA E TEMPERATURA



● Pozzi con elettrodi

● Pozzi con sensori di temperatura  
Data logger e trasmissione wireless



# MONITORAGGIO INFILTRAZIONE E TEMPERATURA





# MONITORAGGIO INFILTRAZIONE E TEMPERATURA





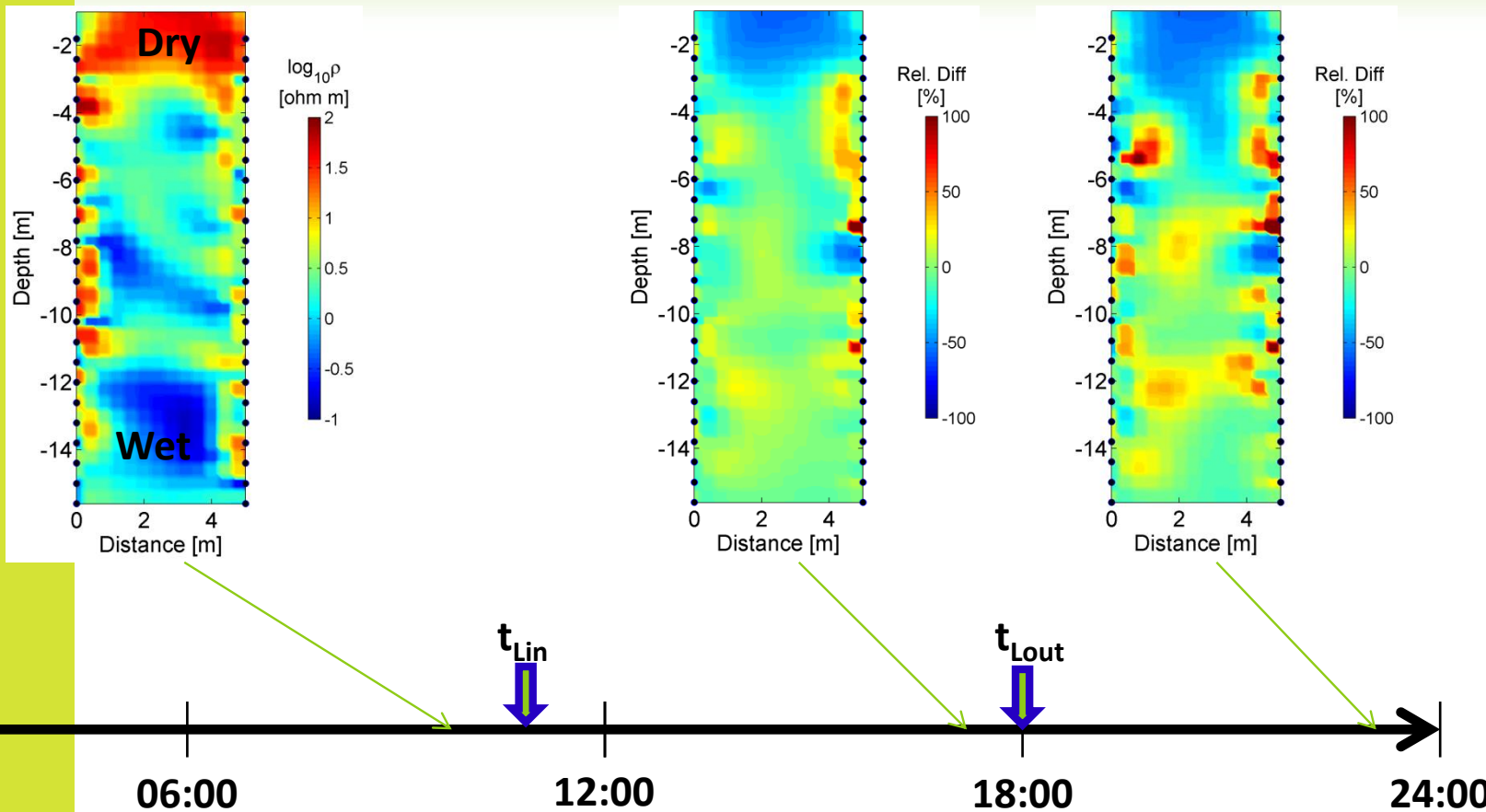
# TEST INFILTRAZIONE (GEN. 14): DATI RELATIVI AL RICIRCOLO

Giorno	Ore tot giorno	m3/h	TOT m3/d
14/01	7	5.9	41.3
15/01	8.30	5.1	43.3
16/01	6.30	4.8	31.2
17/01	6.30	4.8	31.2



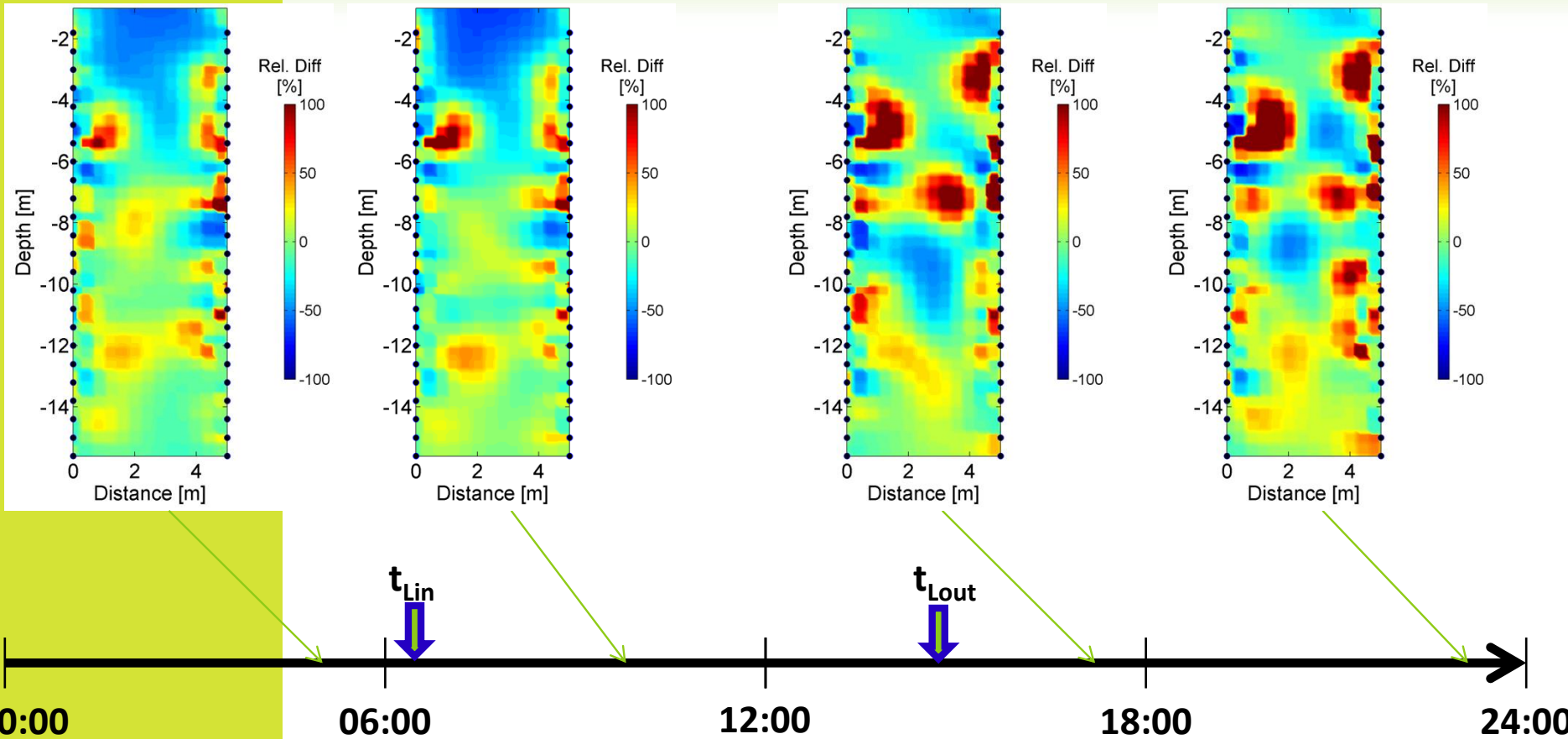


# SEZIONE VERTICALE RESISTIVITA' ELETTRICA NELLA ZONA DI INFILTRAZIONE GIORNO 14/01



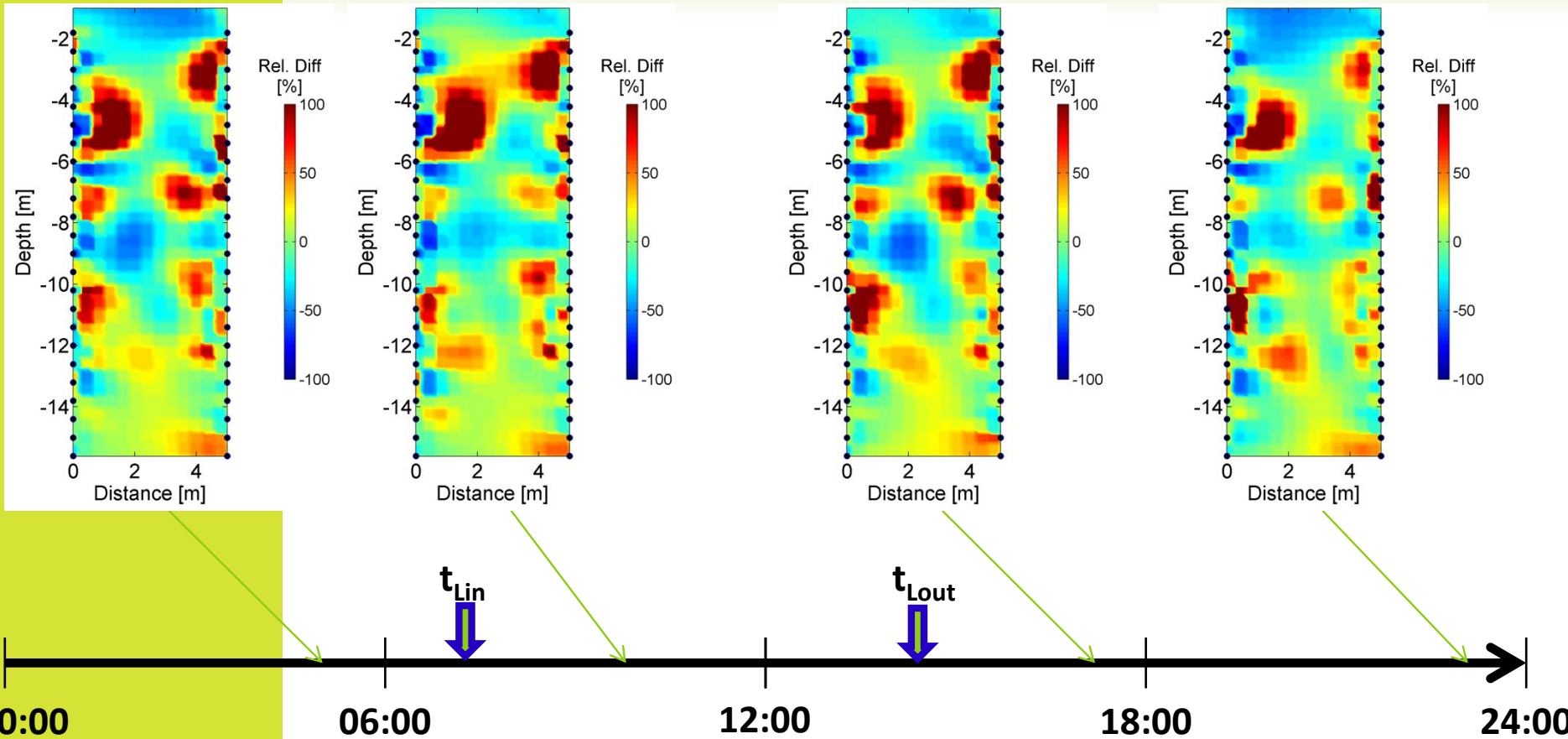


# GIORNO 15/01



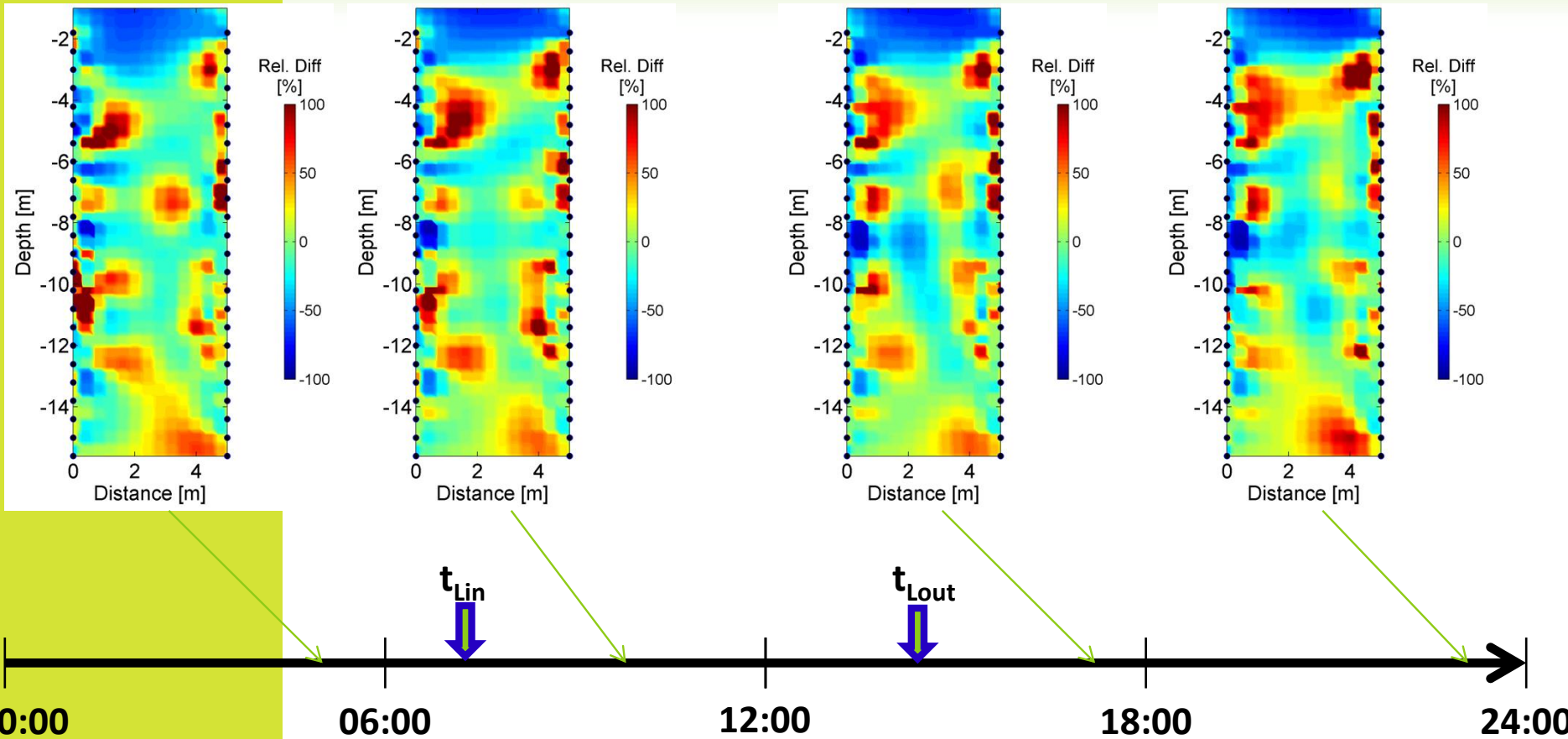


# 16/01



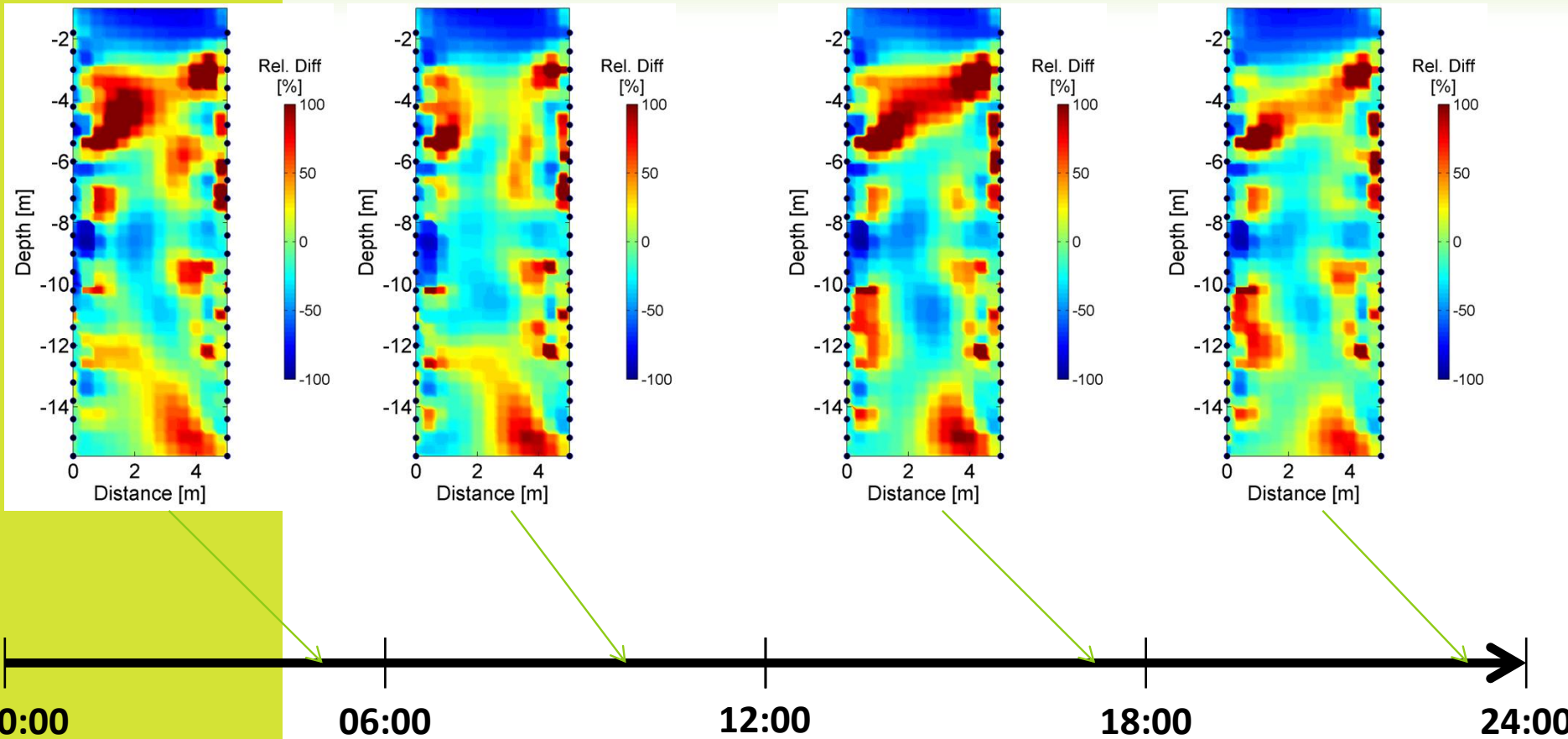


# 17/01



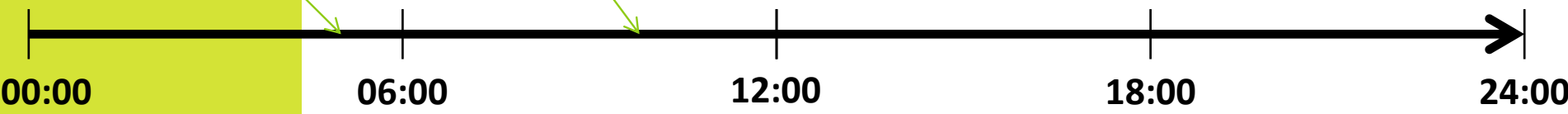
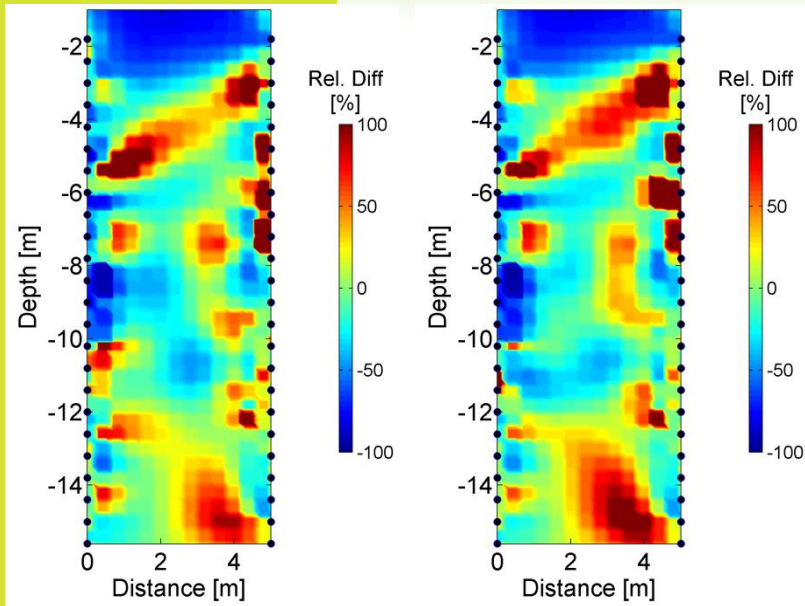


# 18/01



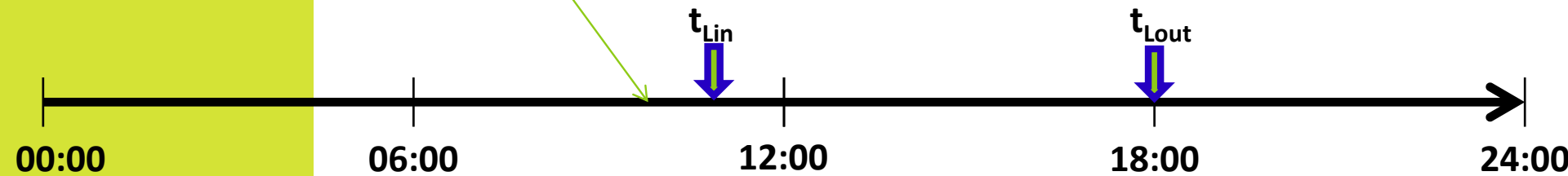
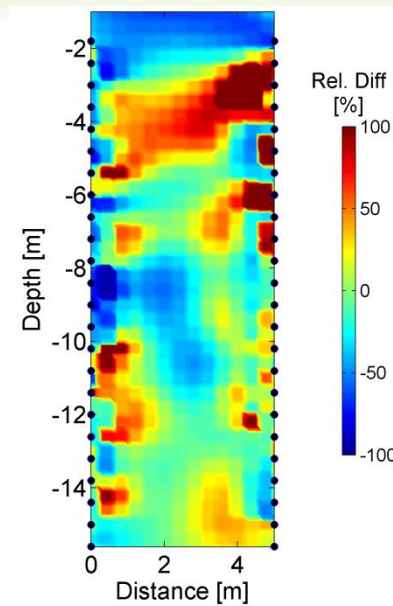


# 19/01





# 21/01





# CRITICITA'

## Inconvenienti meccanici

- Nei sistemi di copertura mediante membrane artificiali potrebbero verificarsi **rigonfiamenti e strappi** a causa della pressione del biogas
- L'assestamento rapido della massa dei rifiuti può determinare la formazione di **avvallamenti superficiali**
- Un **incremento della pressione interstiziale** dovuta all'alto contenuto di umidità dei rifiuti può determinare la **riduzione del fattore di sicurezza** nella stabilità delle scarpate e delle barriere di copertura

## Problematiche idrauliche

- I **percorsi preferenziali** del percolato possono impedire il raggiungimento della capacità di campo per l'intera massa dei rifiuti
- I rifiuti sono spesso caratterizzati da una **permeabilità verticale inferiore** a quanto prevedibile
- L'eterogeneità dei rifiuti e eventuali coperture giornaliere mediante materiale naturale impermeabile possono produrre **filtrazioni laterali di percolato**





# CRITICITA'

## Gestionali

- E' necessario **incrementare l'estrazione del percolato** dal sistema di drenaggio di fondo per evitare la formazione di un elevato battente
- La produzione accelerata di biogas può produrre **odori e rischi di migrazione**, se non si interviene con una efficace estrazione forzata
- I sistemi di immissione ed estrazione del percolato possono essere vulnerabili a **intasamenti e dissesti**
- L'aumento di **condensato** può indurre problemi nei sistemi di estrazione forzata
- Occorre un adeguato sistema di **stoccaggio e smaltimento** del percolato nei periodo di elevata piovosità
- In condizioni di siccità, **il percolato prodotto potrebbe risultare insufficiente** per raggiungere la capacità di campo
- I percorsi preferenziali producono un **iniziale incremento della produzione di percolato**, che tuttavia dovrebbe ridursi col tempo, ottenendo progressivamente il raggiungimento della capacità di campo



# RISULTATI ATTESI

## **Industriali**

Incremento della produzione di biogas rispetto ad una discarica gestita in modo convenzionale, che in questo caso sarà rappresentata in uno dei due settori della vasca di smaltimento, non coinvolto dal ricircolo del percolato

## **Scientifici**

Ottimizzazione dei sistemi di monitoraggio on line della qualità del biogas

Ottimizzazione del monitoraggio geofisico dei processi di infiltrazione



- <http://www.biolear.eu>
- ITRC Technical and Regulatory Guideline for Characterization, Design, Construction, and Monitoring of Bioreactor Landfills” is available at [www.itrcweb.org](http://www.itrcweb.org) under “Guidance Documents” and “Alternative Landfill Technology.”
- <http://www.clu-in.org/conf/itrc/bioreactors/resource.cfm>

