

# IMPIANTO SPERIMENTALE PER LA COLTIVAZIONE DEL CIANOBATTERIO *A. platensis*

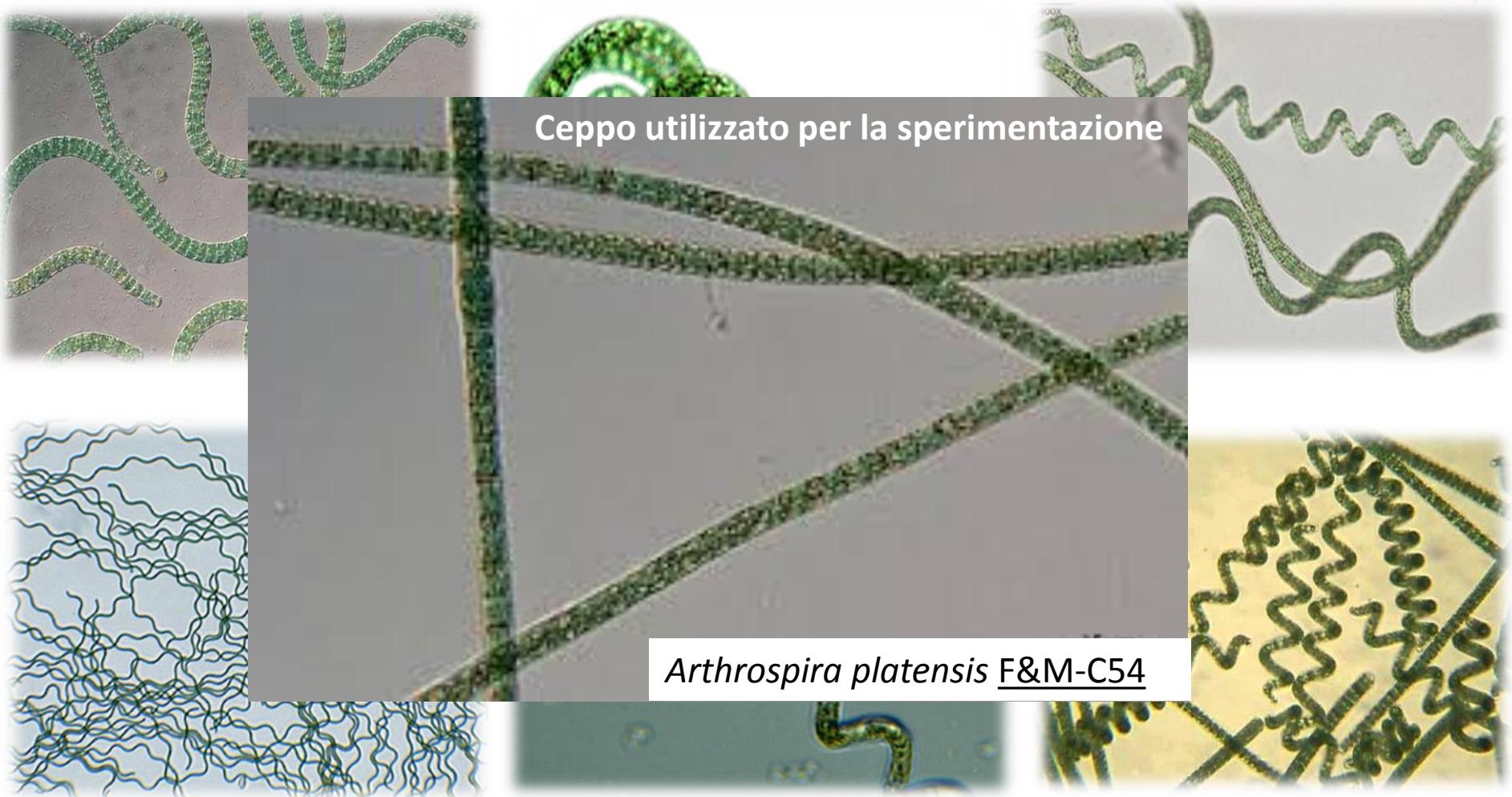
*Project Business Plan Rev.0*

26 GIUGNO 2018



# *Arthrosira* sp. (spirulina)

Arthrosira	
Scientific classification	
Kingdom:	<a href="#">Bacteria</a>
Phylum:	<a href="#">Cyanobacteria</a>
Class:	<a href="#">Cyanophyceae</a>
Order:	<a href="#">Oscillatoriales</a>
Family:	<a href="#">Phormidiaceae</a>
Genus:	Arthrosira



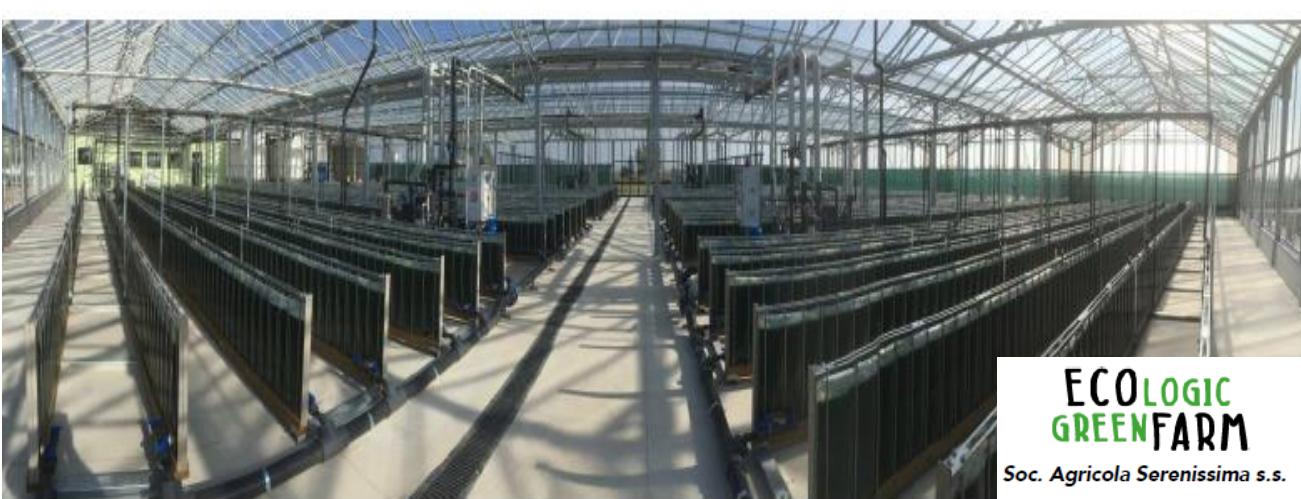


*Bloom naturali di Arthrospira (spirulina). Da secoli raccolta e consumata in Africa, Asia e Sud-America...*

## *...da decenni coltivata in impianti industriali*



# *...la produzione in Italia*



*Altre decine di piccoli produttori.*

# Il mercato globale della spirulina

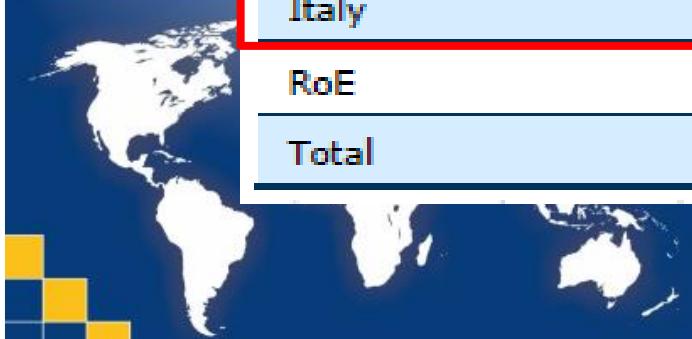
GLOBAL SPIRULINA (USD Million) MARKET BY FORM (2015-2022)

Form	2015	2016	2017	2022	CAGR (2017-2022)
Powder	111.3	118.7	126.6	179.9	7.3%
Tablet	26.8	28.6	30.5	42.7	7.0%

EUROPE: SPIRULINA (USD Million) MARKET SIZE BY COUNTRY (2015-2022)

Country	2015	2016	2017	2022	CAGR (2017-2022)
Germany	9.80	10.46	11.17	15.92	7.3%
France	9.43	10.11	10.65	14.93	7.0%
U.K.	9.34	9.87	10.60	14.82	6.9%
The Netherlands	7.26	7.76	8.15	10.98	6.2%
Italy	2.96	3.10	3.29	4.44	6.2%
RoE	6.46	6.76	7.24	10.01	6.7%
<b>Total</b>	<b>45.26</b>	<b>48.06</b>	<b>51.11</b>	<b>71.10</b>	<b>6.8%</b>

Global Spirulina  
Outlook- 2017



	Food and Beverages	Nutraceuticals	Pharmaceuticals	Veterinary	Cosmetics
2017	78.4	41.5	31.9	11.6	6.0
2022	111.8	60.1	43.9	15.5	7.1
CAGR %	7.3	7.7	6.6	5.9	3.7

EUROPA  
(Bulk spirulina)



30-150 €/Kg

SEVERINO BECAGLI  
Spirulina made in Tuscany



ECOLOGIC  
GREENFARM  
Soc. Agricola Serenissima s.s.



enel  
Green Power



ASIA  
(Bulk spirulina)

25kg/drum  
Double Plastic Bags Inside

Surnature



7-30 €/Kg



AFFIDABILITA' DELLA QUALITA' ?

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 4 août 2017

**AVIS**  
**de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,  
de l'environnement et du travail**

relatif aux « risques liés à la consommation de compléments alimentaires contenant de la spiruline »

**4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE**

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail adopte les recommandations du groupe de travail « Nutrivigilance » et du comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine ».

L'Agence souligne que les produits contenant de la spiruline peuvent être contaminés par des cyanotoxines, par des bactéries ou par des éléments traces métalliques. Dans ce contexte, l'Agence recommande aux consommateurs de privilégier les circuits d'approvisionnement les mieux contrôlés par les pouvoirs publics (conformité à la réglementation française, traçabilité, identification du fabricant).

spirulina 0.8%



spirulina 1.1%



spirulina 1%  
Chlorella 1%



spirulina 0.5%



spirulina 1.5%



spirulina 1.5%

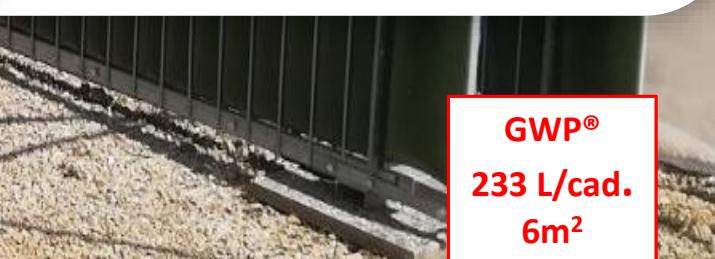
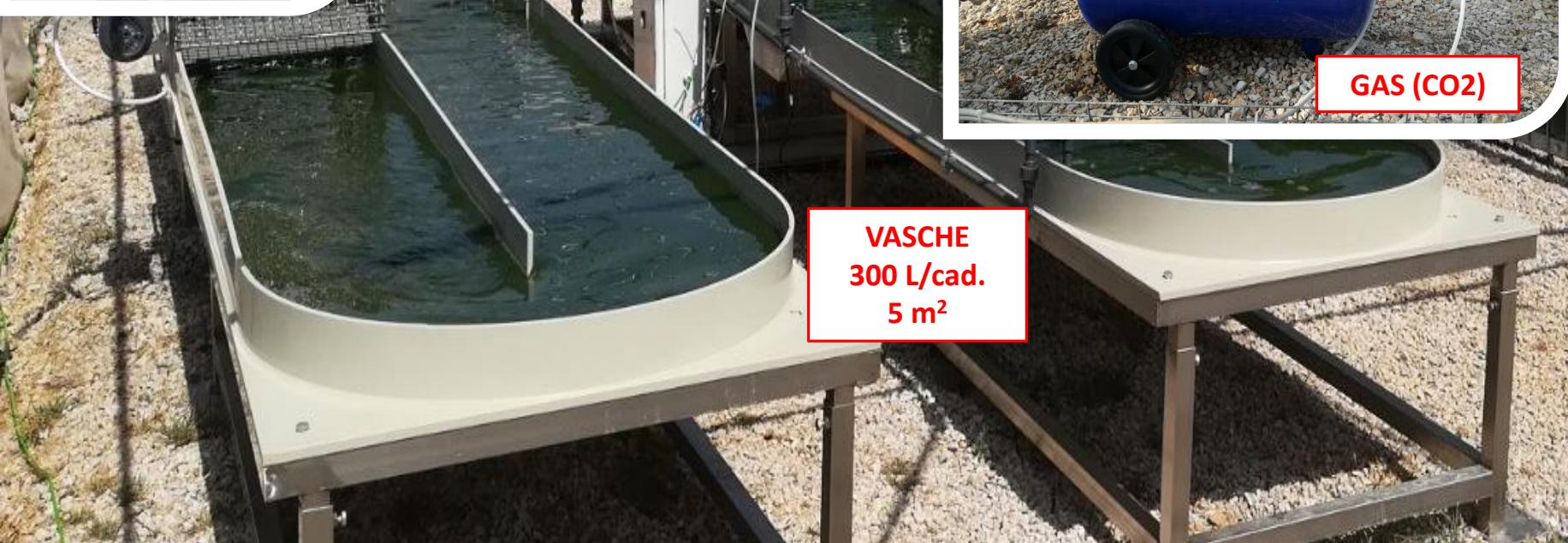
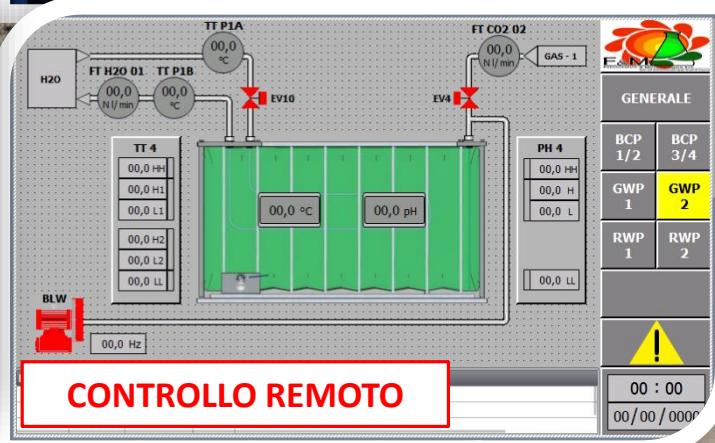


Impiego di microalge come ingrediente  
alimentare generalmente in quantità < 2%

# OBIETTIVO DELLA Sperimentazione

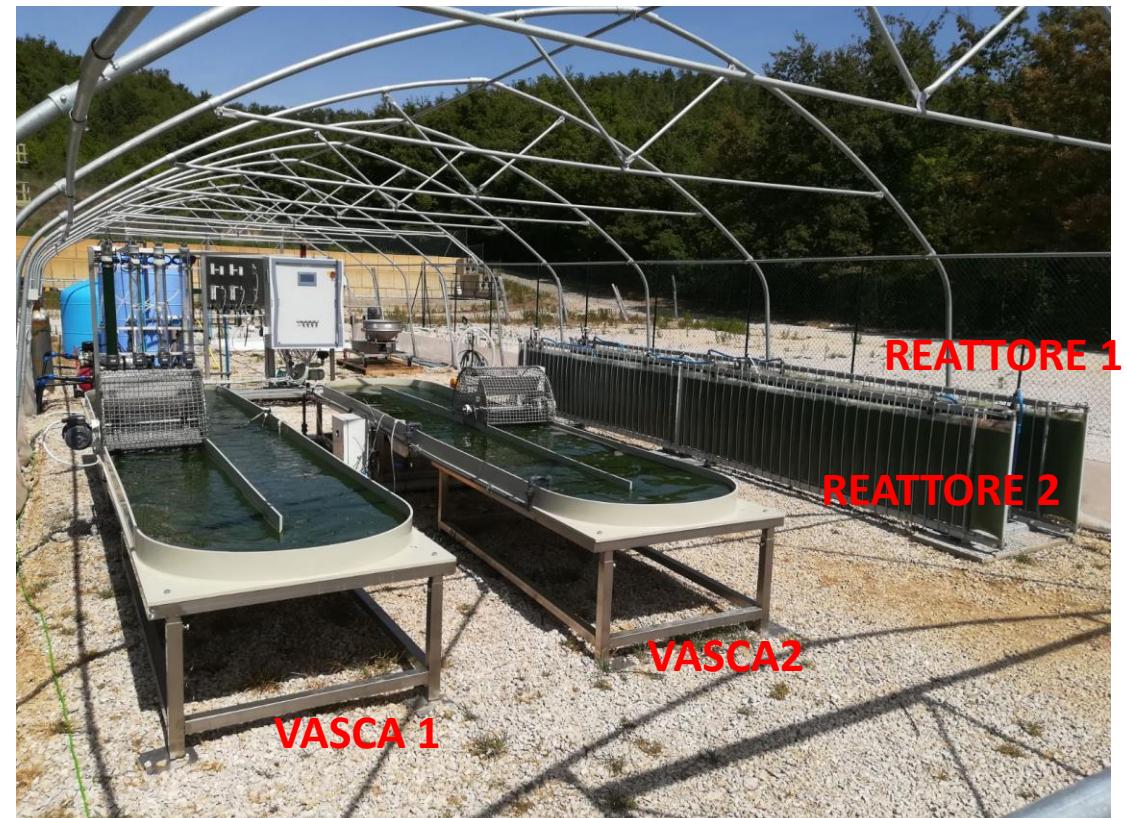
**Verificare la fattibilità tecnico-economica della produzione di *A. platensis* (spirulina) integrata ad un impianto geotermico rispetto a sistemi di coltivazione convenzionale.**

- ❖ Valutare l'impiego di gas geotermico (GAS AMIS) come fonte di carbonio per la fotosintesi e per la correzione del pH delle colture in sostituzione della CO<sub>2</sub> alimentare.
- ❖ Valutare l'impiego di ACQUA GEOTERMICA (calda e fredda) come vettore termico per riscaldamento/raffreddamento colture.
- ❖ Verifica della qualità (microbiologica, biochimica, chimica) della biomassa prodotta.
- ❖ Raccolta dati bilanci massa ed energia per elaborazione BP.

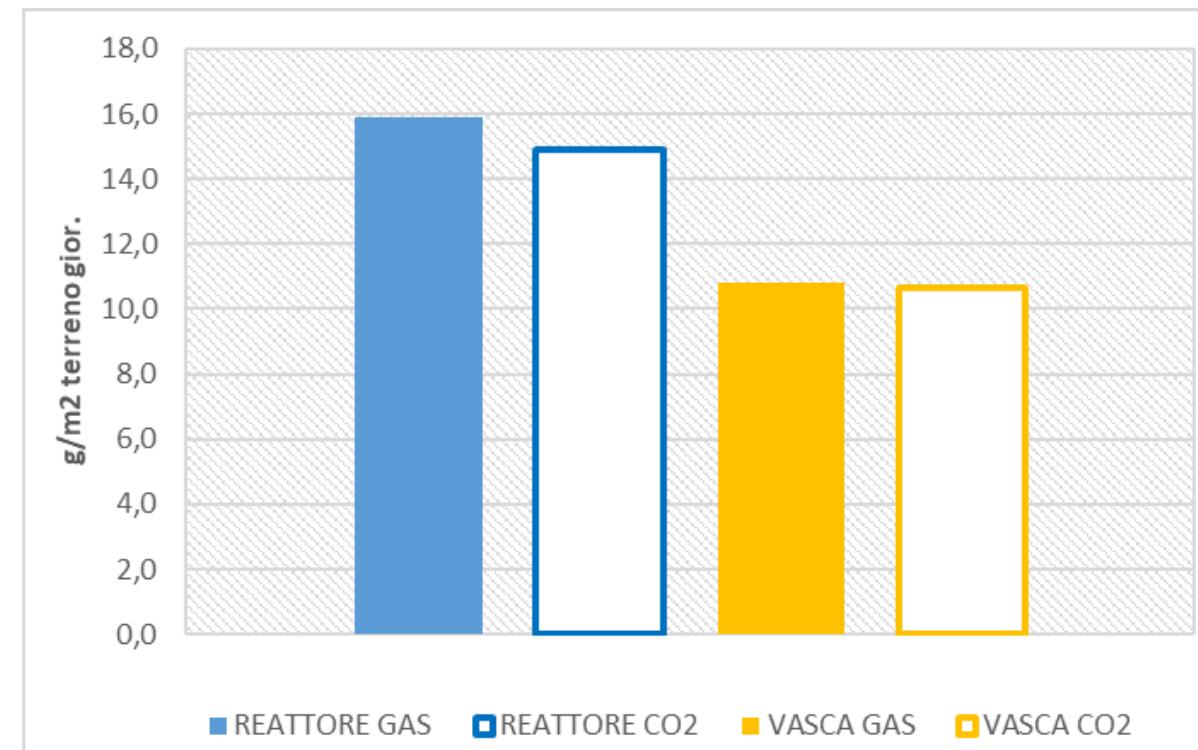
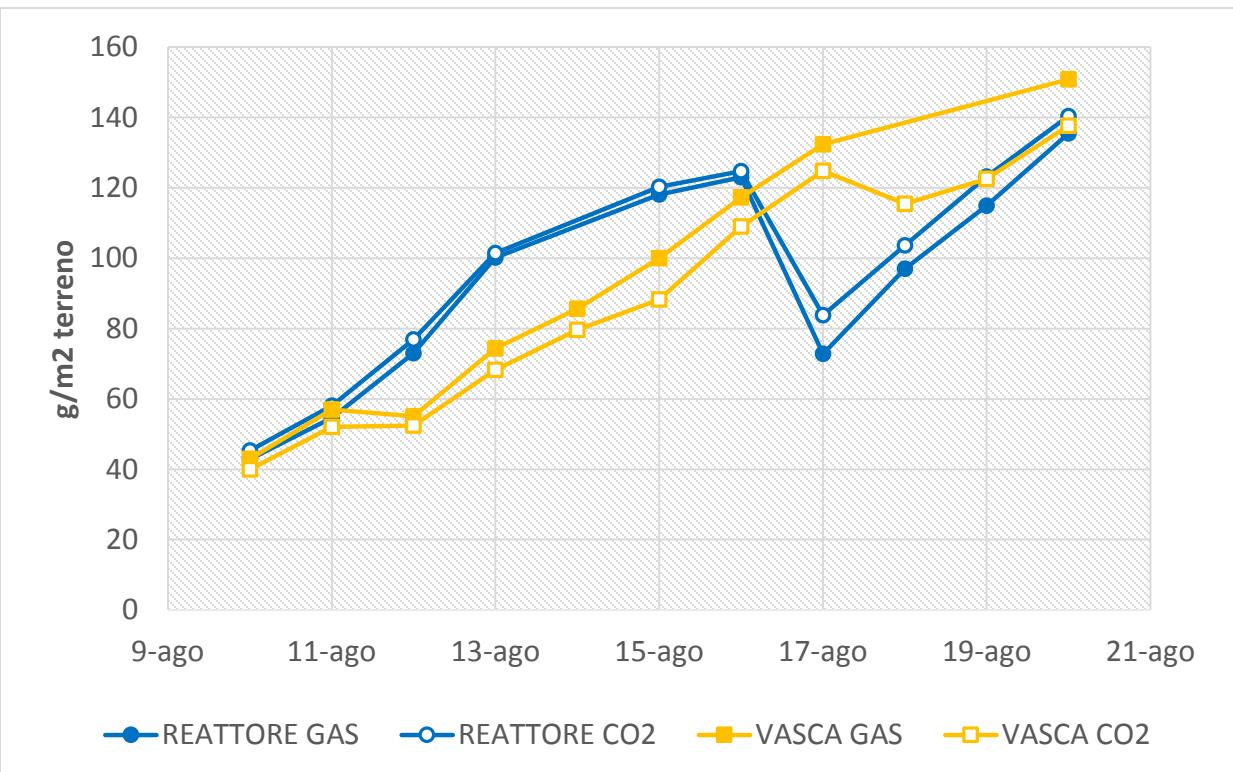


## TEST 1: Impiego di GAS AMIS come fonte di carbonio e per la correzione del pH delle colture in sostituzione a CO2 alimentare.

	REATTORE 1	REATTORE 2	VASCA 1	VASCA 2
<b>CO2 BOMBOLE</b>	-	+	-	+
<b>GAS AMIS</b>	+	-	+	-
<b>RAFFREDDAMENTO (37-36 °C)</b>	+	+	-	-
<b>RISCALDAMENTO</b>	-	-	-	-



## TEST 2: Impiego di GAS AMIS come fonte di carbonio e per la correzione del pH delle colture in sostituzione a CO<sub>2</sub> alimentare.



L'UTILIZZO DI GAS AMIS COME FONTE DI CO<sub>2</sub> NON SEMBRA COMPROMETTERE LA PRODUTTIVITÀ

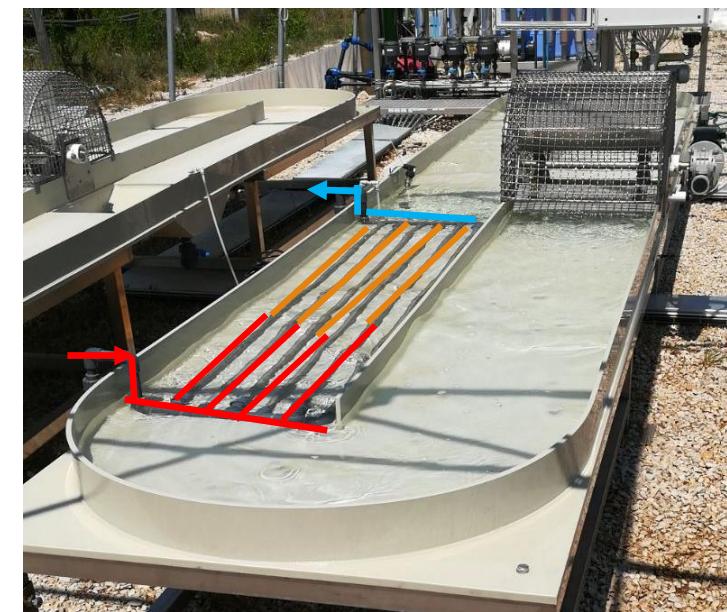
**TEST 2:** Verificare l'effetto del riscaldamento sulla produttività utilizzando H<sub>2</sub>O GEOTERMICA CALDA.

	REATTORE H+	REATTORE H-	VASCA H+	VASCA H-
RAFFREDDAMENTO	+	+	+	-
RISCALDAMENTO	+	-	+	-

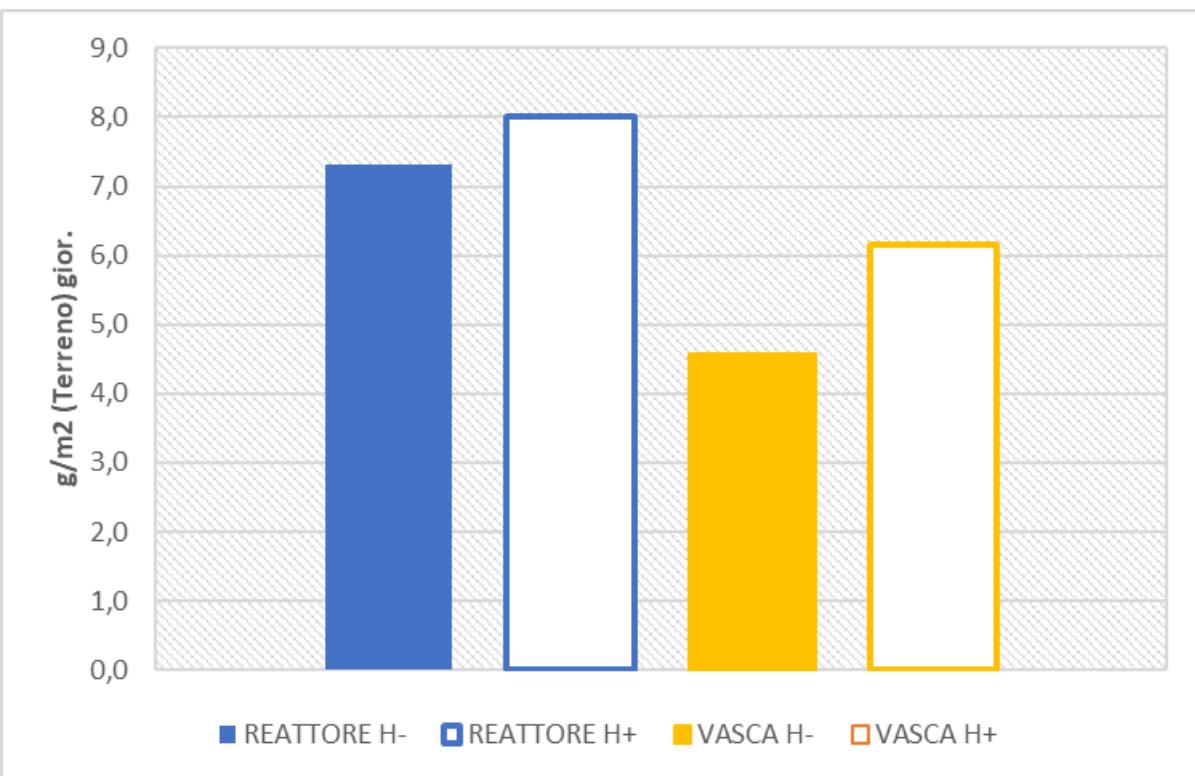
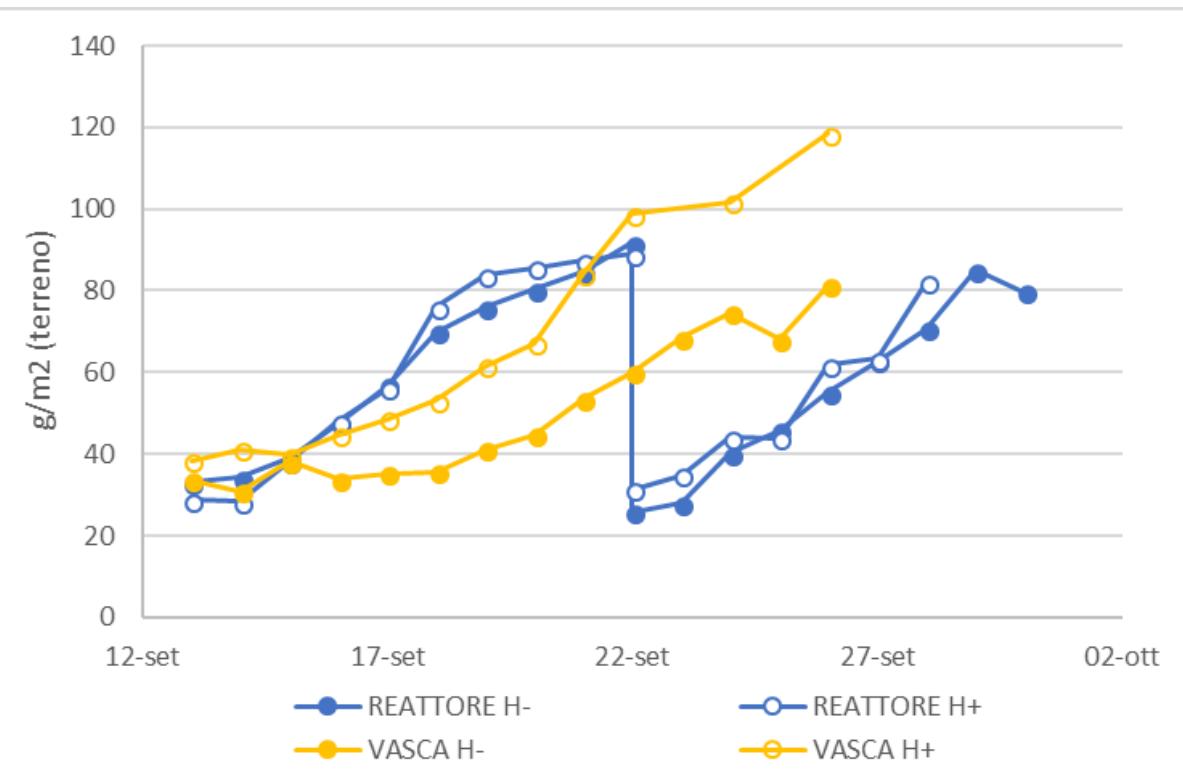


TEMPERATURA MAX. COLTURE RAFFREDATE: 37 °C

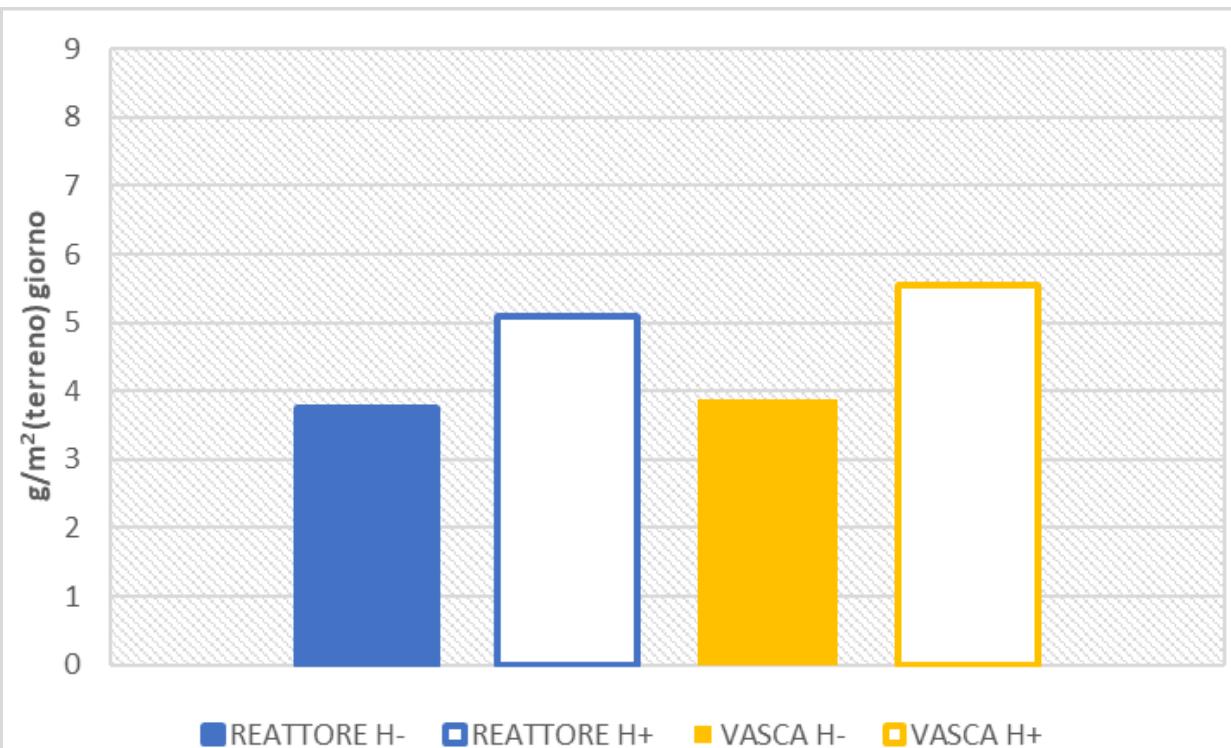
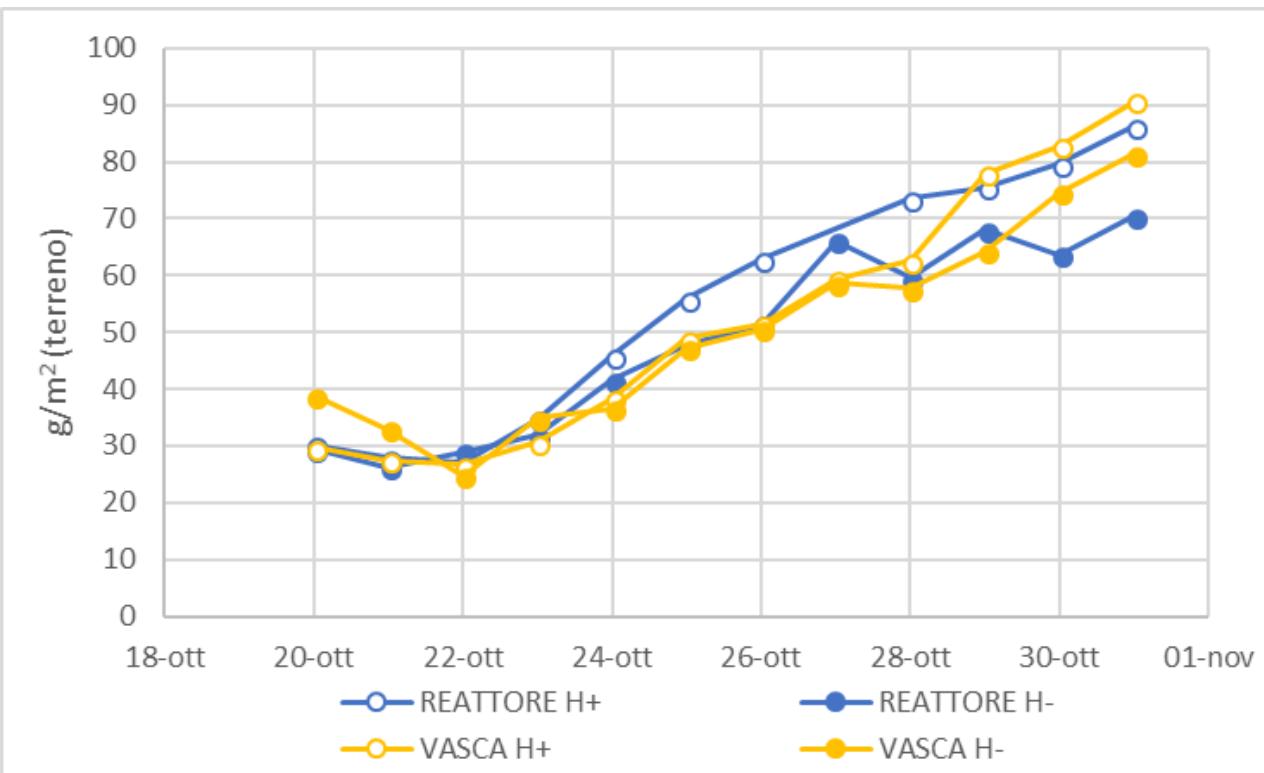
TEMPERATURA MIN. COLTURA RISCALDATA: 22 °C



## Test 3: 14-28 Settembre 2017 (14,7 MJ/m<sup>2</sup> giorno)



### Test 3: 20-31 Ottobre 2017 (10,3 MJ/m<sup>2</sup> giorno)



## ANALISI BIOMASSA: Metalli Pesanti

Analisi del contenuto in metalli pesanti (As, Cd, Hg e Pb) in lotti di biomassa di *A. platensis* prodotti nell'impianto sperimentale di Chiusdino. Nello specifico è stato valutato il contenuto in metalli pesanti della biomassa prodotta nelle seguenti prove:

- a. **Prova 2 (10-20 Agosto 2017).** La prova aveva l'obiettivo di confrontare l'impiego di GAS GEO e CO<sub>2</sub> (food grade) come fonte di carbonio.
- b. **Prova 4 (20-31 Ottobre 2017).** Obiettivo della prova era quello di valutare l'effetto del riscaldamento delle colture su produttività e composizione della biomassa. Le analisi del contenuto in metalli pesanti sono state effettuate solamente sui campioni provenienti dalle colture riscaldate.

CAMPIONE	DATA RACCOLTA	SISTEMA DI CULTURA	FONTE CARBONIO	COLTURA RISCALDATA
1	20 Ago. 2017	Vasca	GAS GEO	Non necessario
2	20 Ago. 2017	Vasca	CO2 BOMBOLE	Non necessario
3	20 Ago. 2017	Fotobioreattore GWP	GAS GEO	Non necessario
4	20 Ago. 2017	Fotobioreattore GWP	CO2 BOMBOLE	Non necessario
5	31 Ott. 2017	Vasca	GAS GEO	Sì
6	31 Ott. 2017	Fotobioreattore GWP	GAS GEO	Sì

# ANALISI BIOMASSA: Metalli Pesanti

Dalle analisi effettuate non risulta presenza significativa di metalli pesanti nella biomassa analizzata.

Come termine di paragone, al fine di valutare la qualità della biomassa prodotta, i valori ottenuti sono stati paragonati con:

- a. REGOLAMENTO (CE) N. 629/2008 DELLA COMMISSIONE del 2 luglio 2008 che modifica il regolamento (CE) n. 1881/2006 che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari.
- b. Specifiche tecniche di *A. platensis* presente sul mercato.
- c. Limiti imposti dall' ente certificatore NATURLAND ([www.naturland.de](http://www.naturland.de)) per la certificazione biologica di *A. platensis*.

CAMPIONE	Cd	Hg	As	Pb
mg/kg di sostanza secca				
1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

	Cd	Hg	As	Pb
REG. CE 629/2008	3	0,1	n.d	3
PARRY NUTRACEUTICALS LTD	0,2	0,025	0,5	0,2
EARTH RISE FARM (DIC Corp.)	<0,05	<0,05	<0,1	<1
NATURLAND	0,3	0,1	0,7	1,2

## ANALISI BIOMASSA: Composizione Biochimica

Analisi della composizione biochimica (proteine, lipidi, carboidrati e ficocianina) in lotti di biomassa di *A. platensis* prodotti nell'impianto sperimentale di Chiusdino. Nello specifico è stata valutata la composizione della biomassa prodotta nelle seguenti prove:

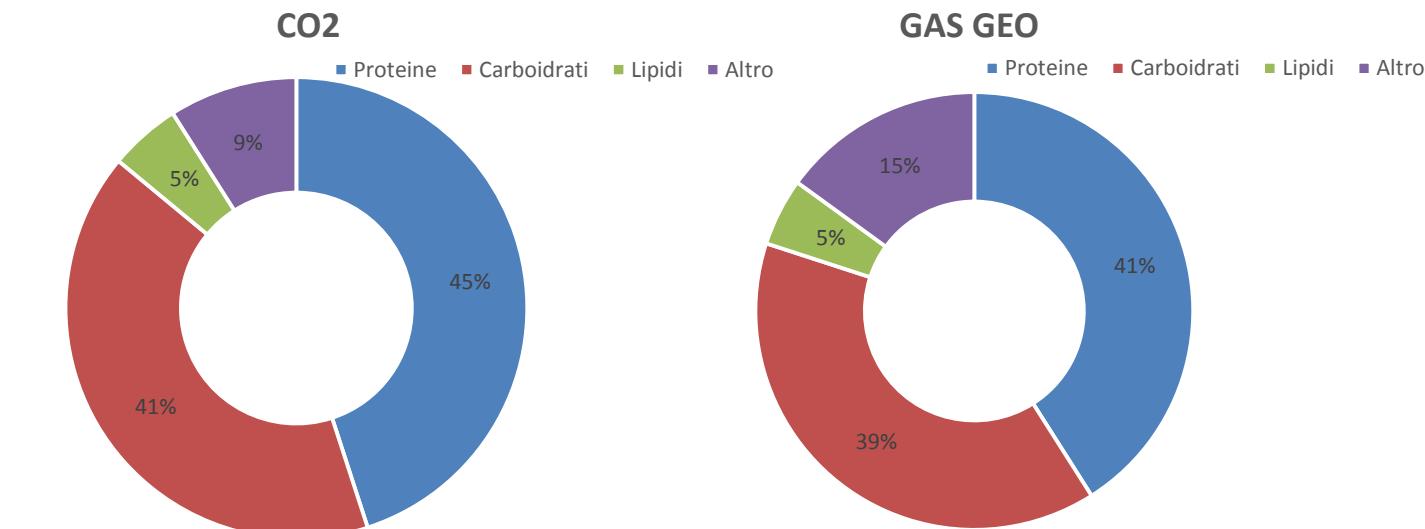
- a. **Prova 2 (10-20 Agosto 2017).** La prova aveva l'obiettivo di confrontare l'impiego di GAS GEO e CO<sub>2</sub> (food grade) come fonte di carbonio.
- b. **Prova 3 (13-22 Settembre 2017).** Obiettivo della prova era quello di valutare l'effetto del riscaldamento delle colture su produttività e composizione della biomassa. Le analisi del contenuto in metalli pesanti sono state effettuate solamente sui campioni provenienti dalle colture riscaldate.
- c. **Prova 4 (20-31 Ottobre 2017).** Obiettivo della prova era quello di valutare l'effetto del riscaldamento delle colture su produttività e composizione della biomassa. Le analisi del contenuto in metalli pesanti sono state effettuate solamente sui campioni provenienti dalle colture riscaldate.



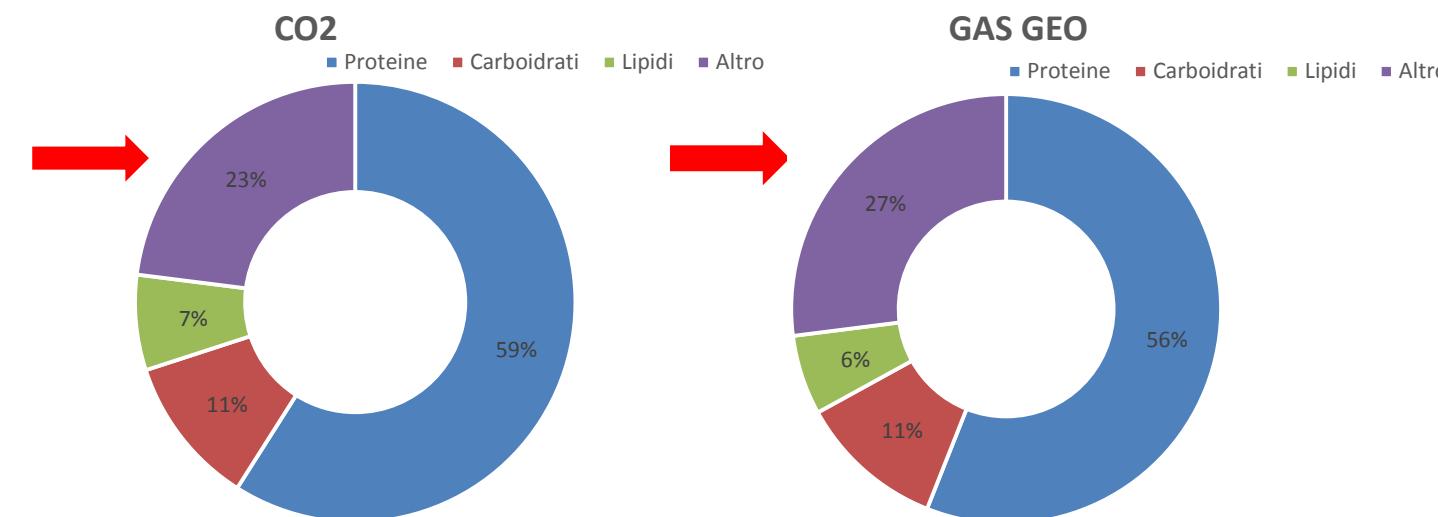
## REATTORI

a. **Prova 2 (10-20 Agosto 2017).** La prova aveva l'obiettivo di confrontare l'impiego di GAS GEO e CO<sub>2</sub> (food grade) come fonte di carbonio.

1. Il basso contenuto proteico della biomassa prodotta nei GWP non è dovuto a effetti di starvation, in quanto i nutrienti erano sempre presenti.
2. Potrebbe essere dovuto a problemi di alta temperatura. Non è possibile verificare questa ipotesi perché i dati di temperatura per questa prova sono mancanti, causa problema software.
3. Il contenuto proteico della biomassa prodotta in vasca non è particolarmente elevato, soprattutto tenendo conto del contenuto in carboidrati.

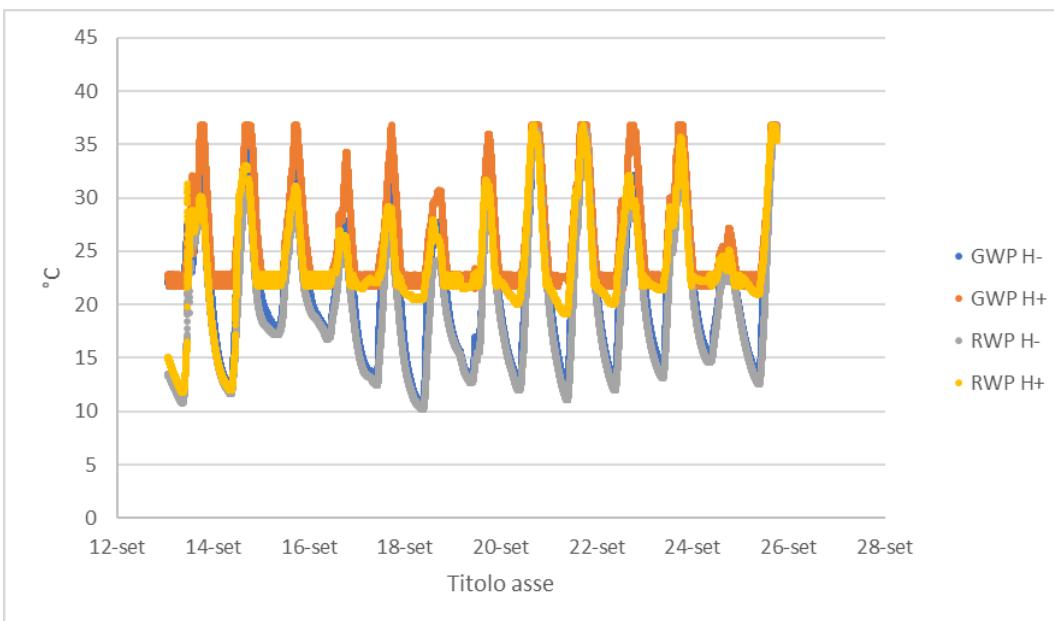


## VASCHE

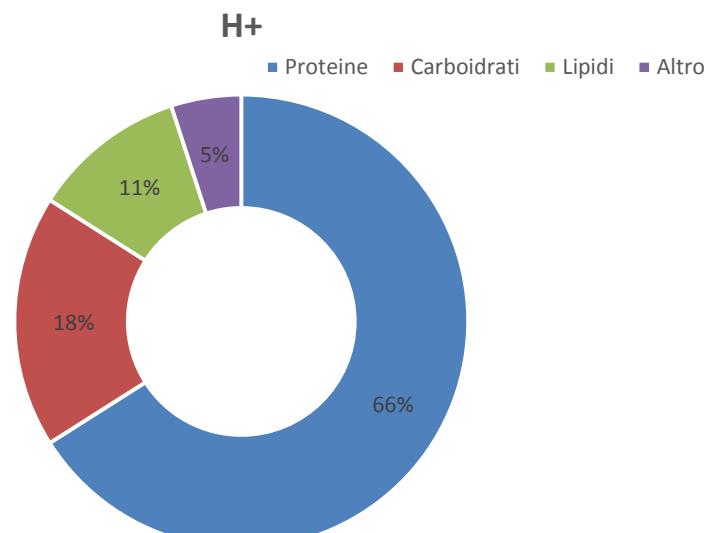


## REATTORI

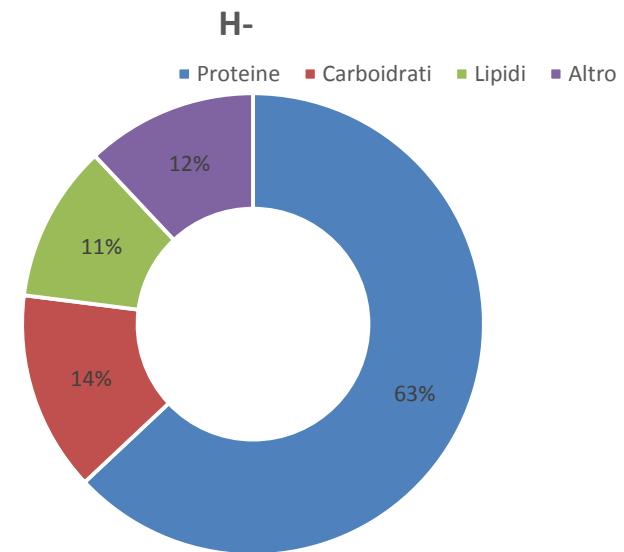
b. Prova 3 (13-22 Settembre 2017). Obiettivo della prova era quello di valutare l'effetto del riscaldamento delle colture su produttività e composizione della biomassa. Le analisi del contenuto in metalli pesanti sono state effettuate solamente sui campioni provenienti dalle colture riscaldate.



H+

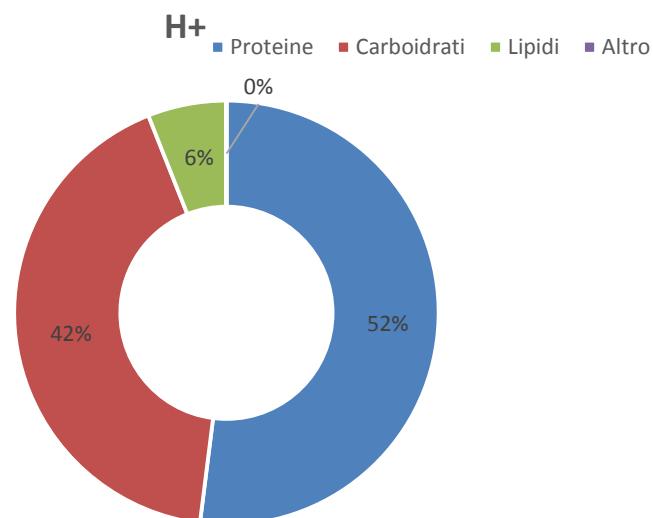


H-

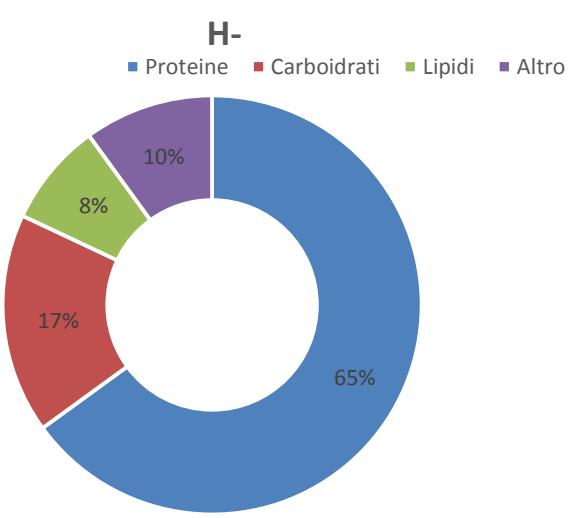


## VASCHE

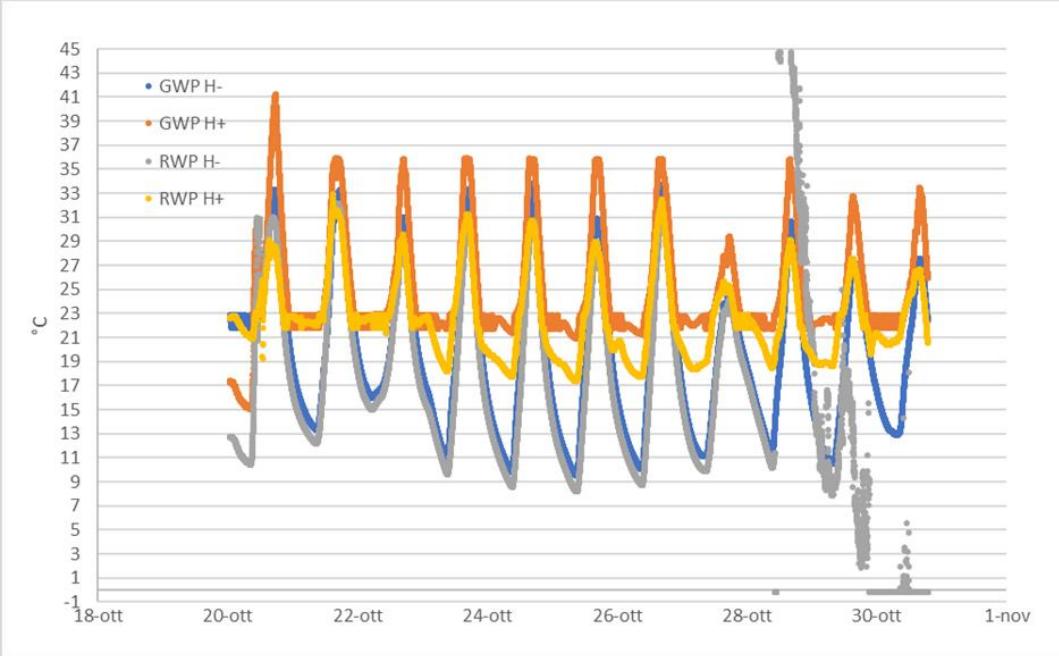
H+



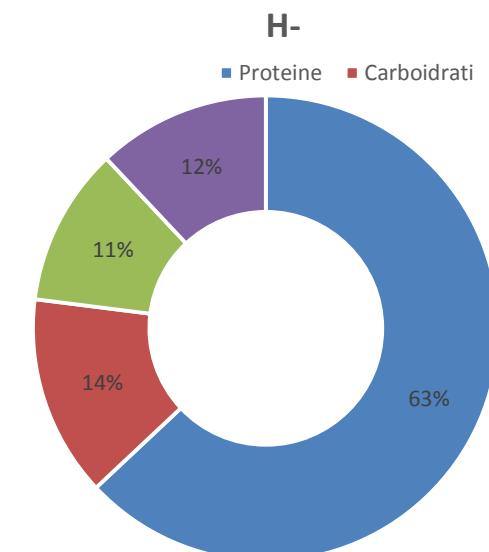
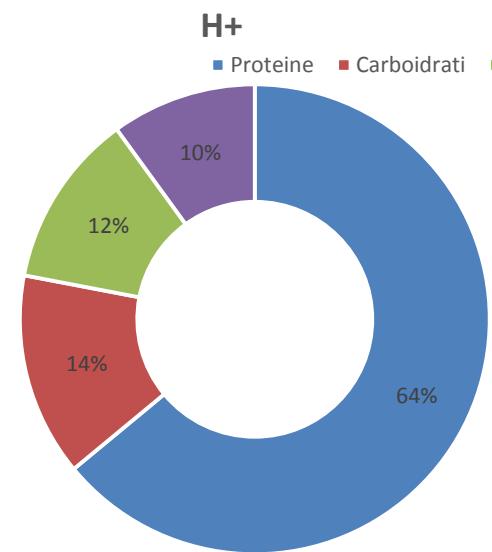
H-



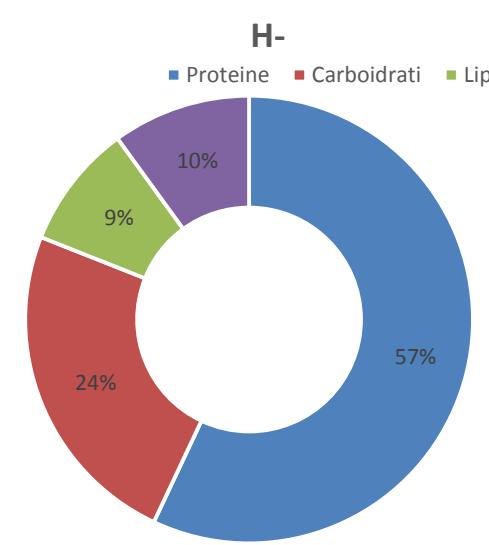
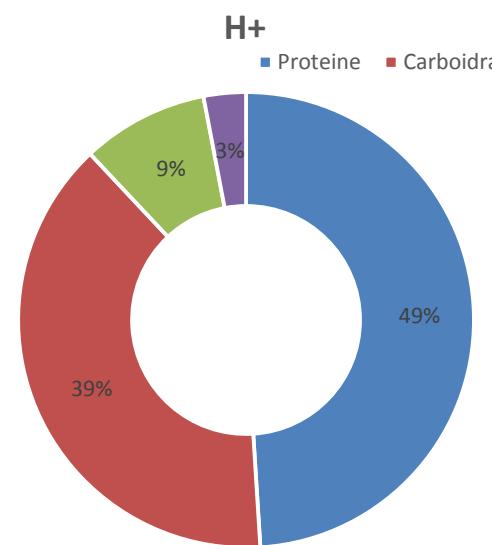
c. **Prova 4 (20-31 Ottobre 2017).** Obiettivo della prova era quello di valutare l'effetto del riscaldamento delle colture su produttività e composizione della biomassa. Le analisi del contenuto in metalli pesanti sono state effettuate solamente sui campioni provenienti dalle colture riscaldate.



## REATTORI

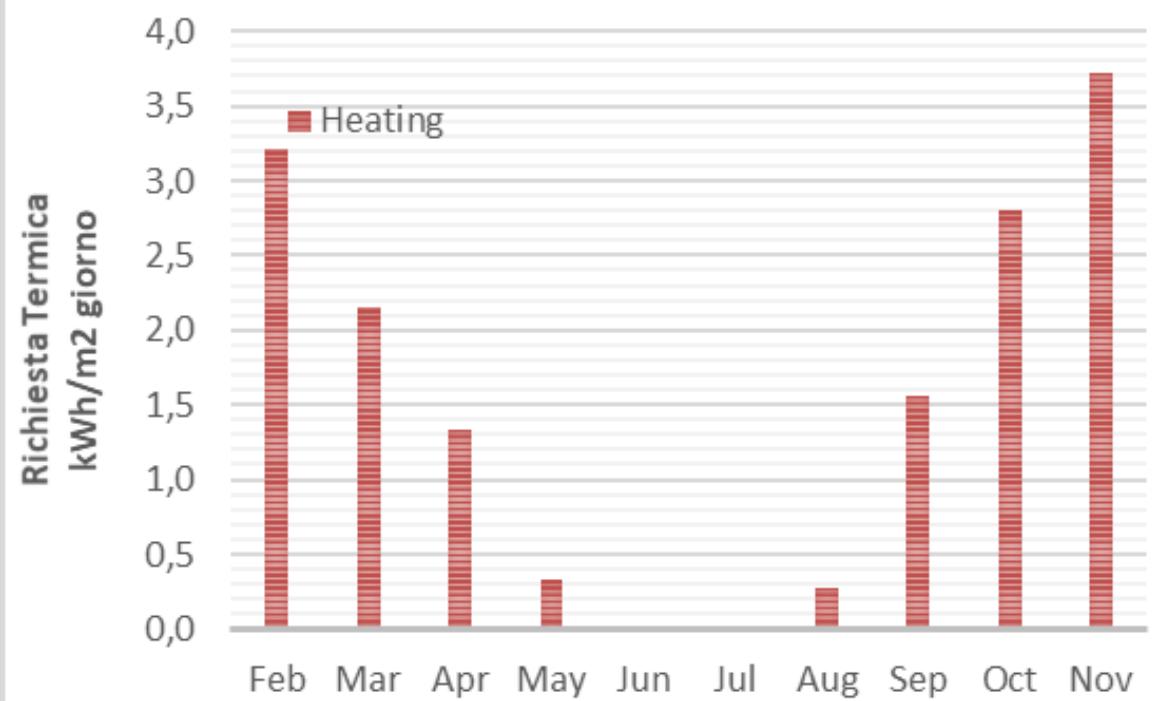
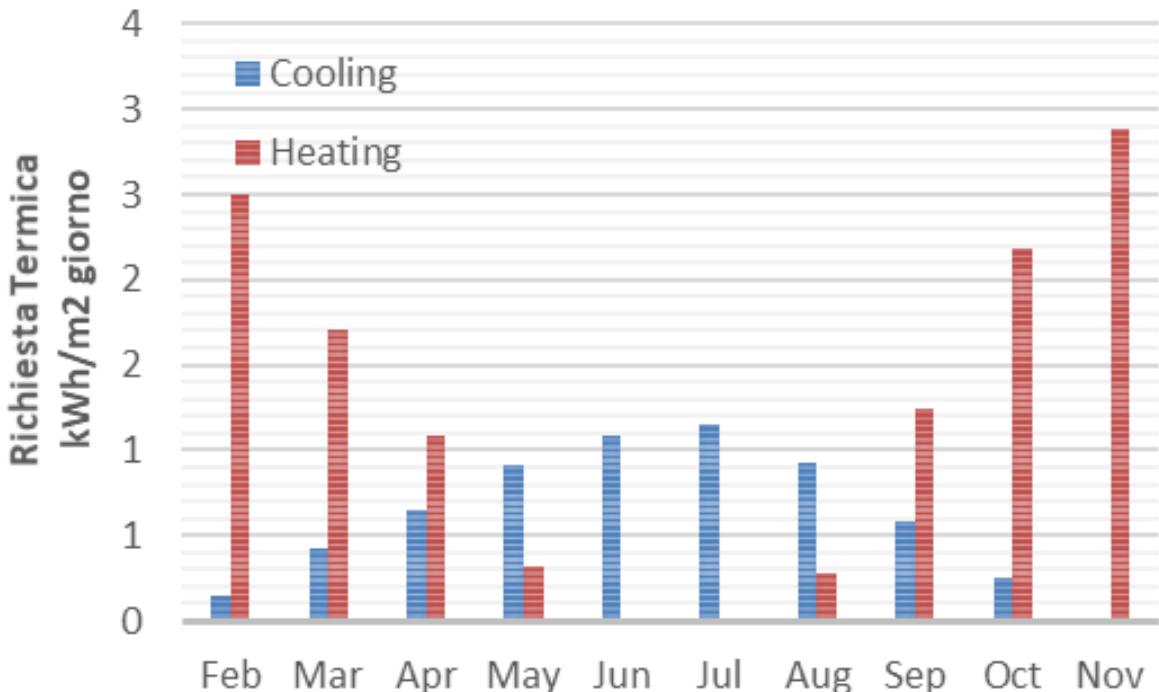


## VASCHE



# RICHIESTA TERMICA ANNUALE (estrapolazione)

**1.3 MWth / HA**

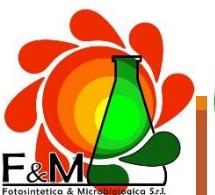




Digestore anaerobico taglia media  
P<sub>EE</sub> 1 MW (~ 0.8 Mwt disponibili)



Max. 1 HA microalge

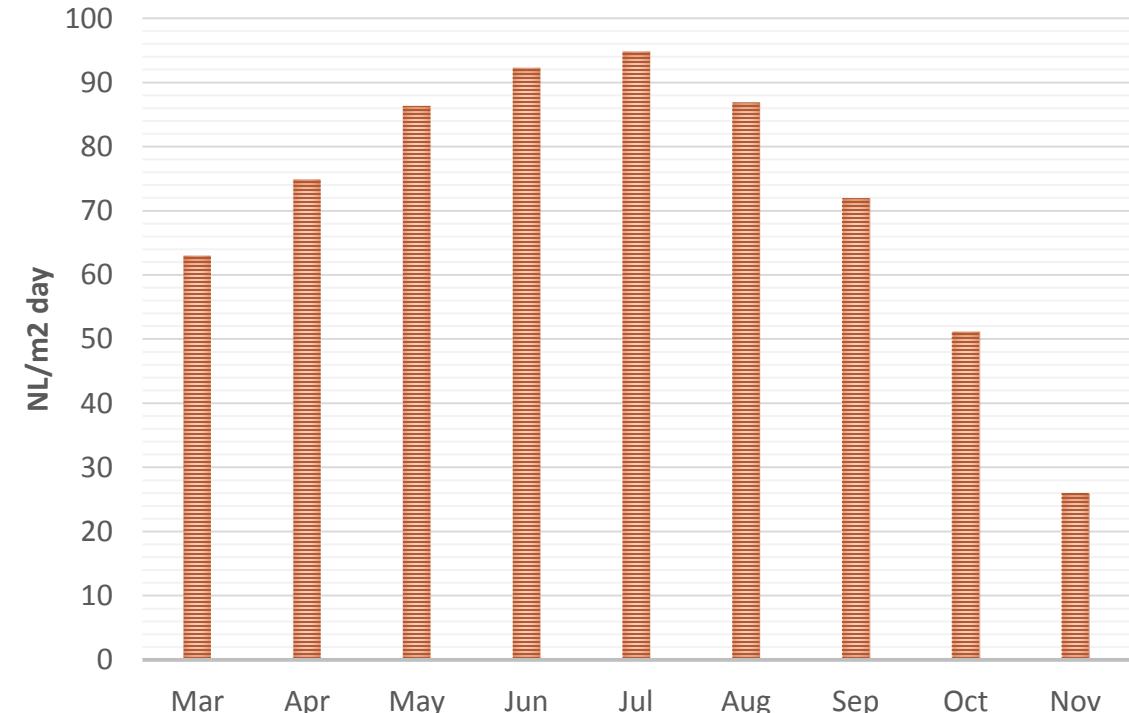
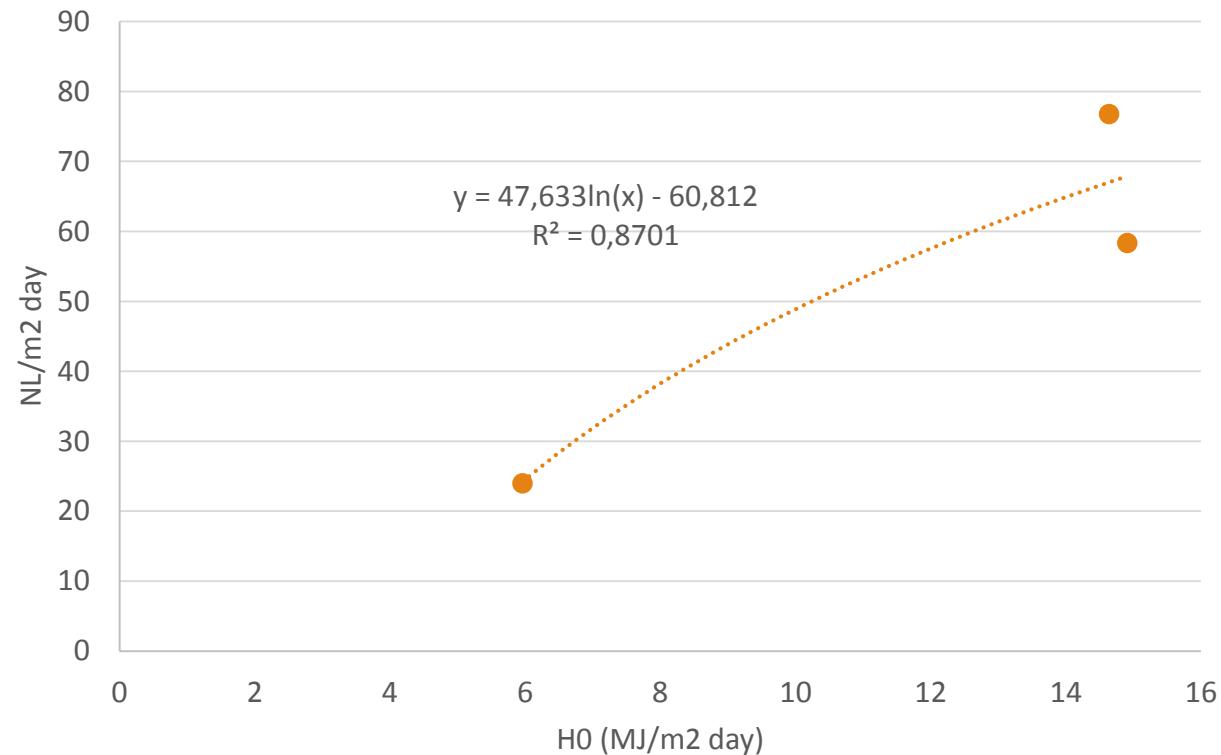


Centrale EGP CHIUSDINO  
50 Mwt disponibili --> 38 HA  
microalge potenziali



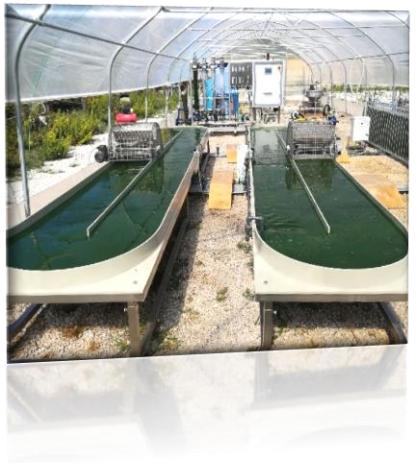


## CONSUMO GAS AMISS

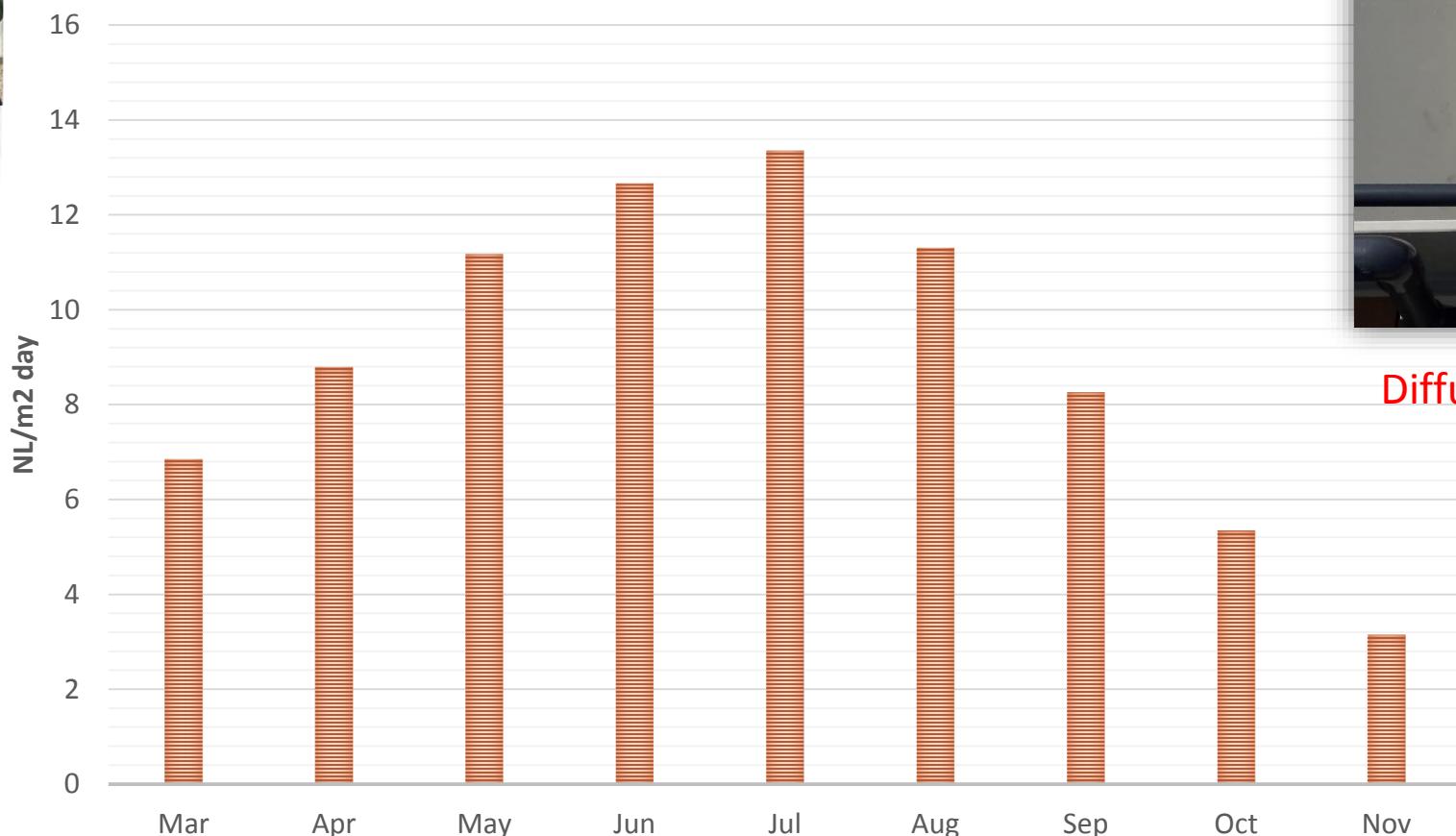


**NOTA:** Gas distribuito come miscela aria:gas a circa 3-5% (v:v).

# CONSUMO GAS AMIS



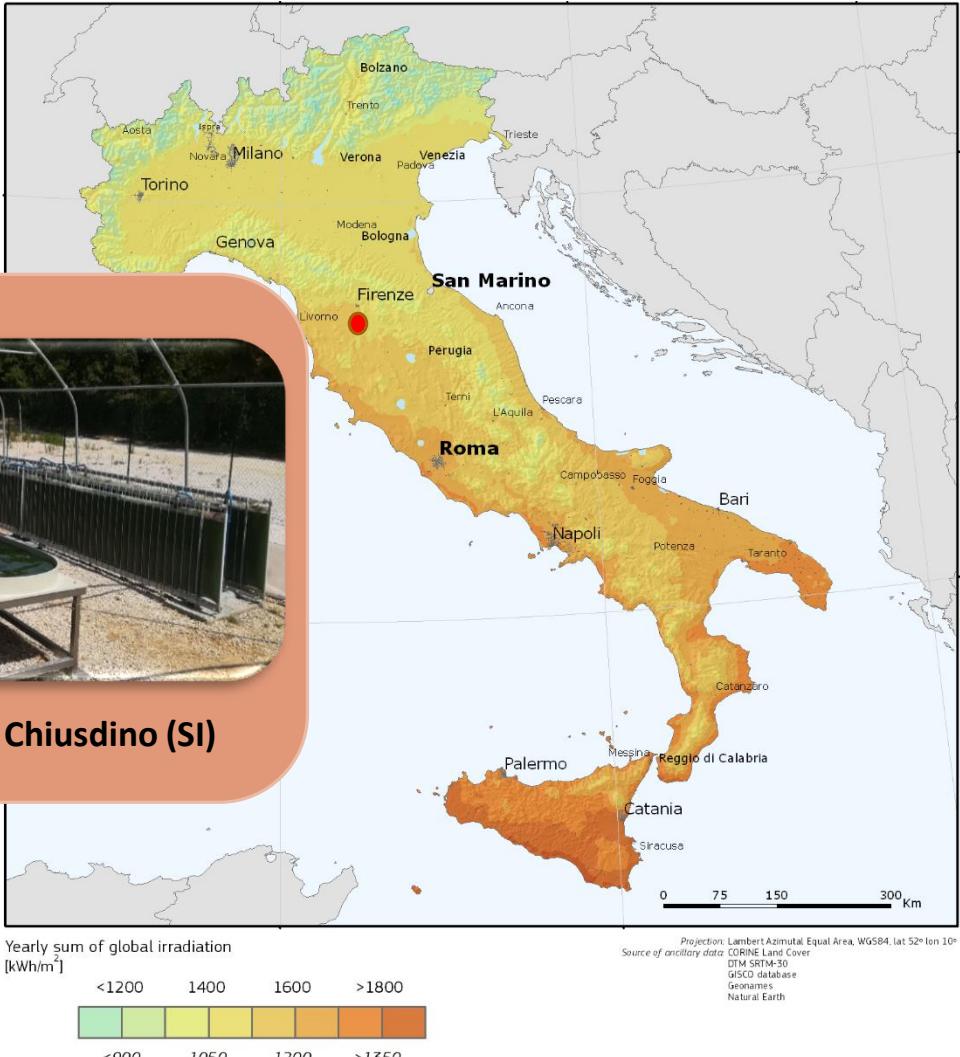
Diffusore ad alta efficienza



# ANALISI TECNICO-ECONOMICA DI UN POTENZIALE IMPIANTO 1 HA



IMPIANTO PILOTA @ Chiusdino (SI)



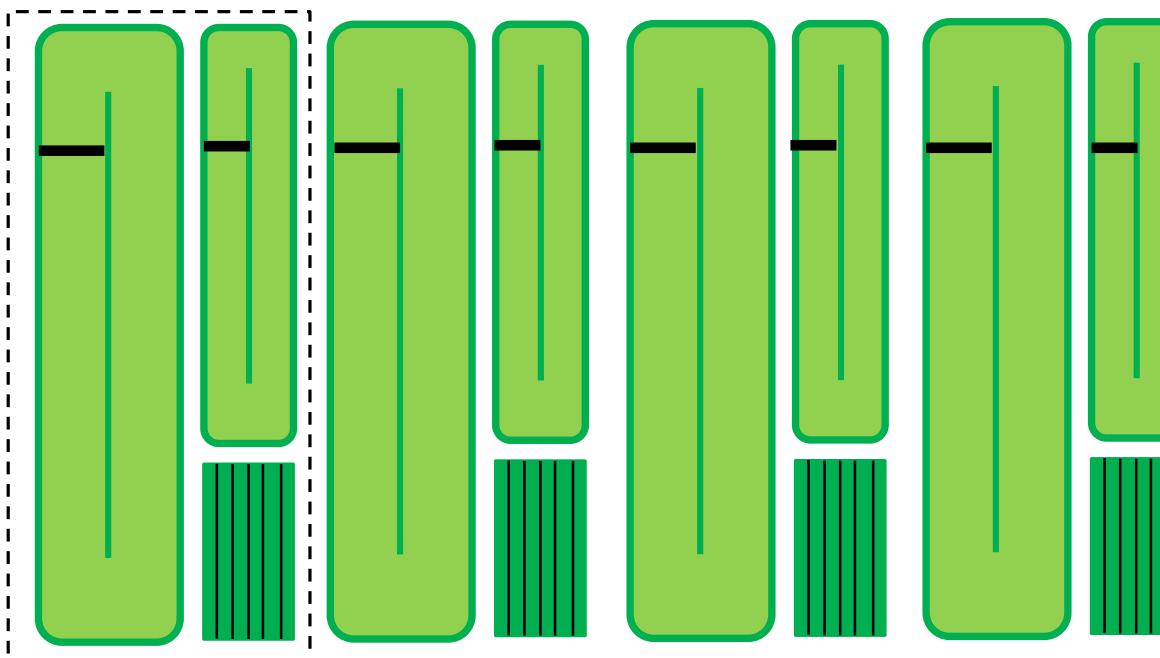
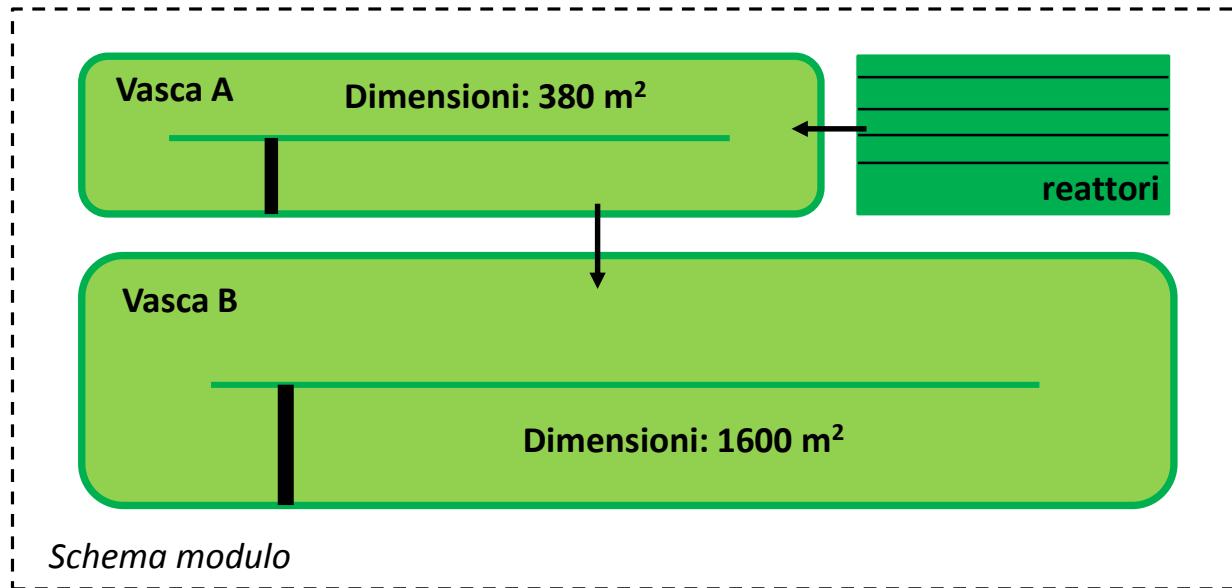
SITE LOCATION

## TARGETS

1. SUPERFICIE IMPIANTO: 10.000 m<sup>2</sup> (1 HA)
2. CAPACITA' PRODUTTIVA: ~ 23 Ton./year
3. GIORNI PRODUTTIVI: min. 240/365 days

< Solar radiation map (high levels of energy required)



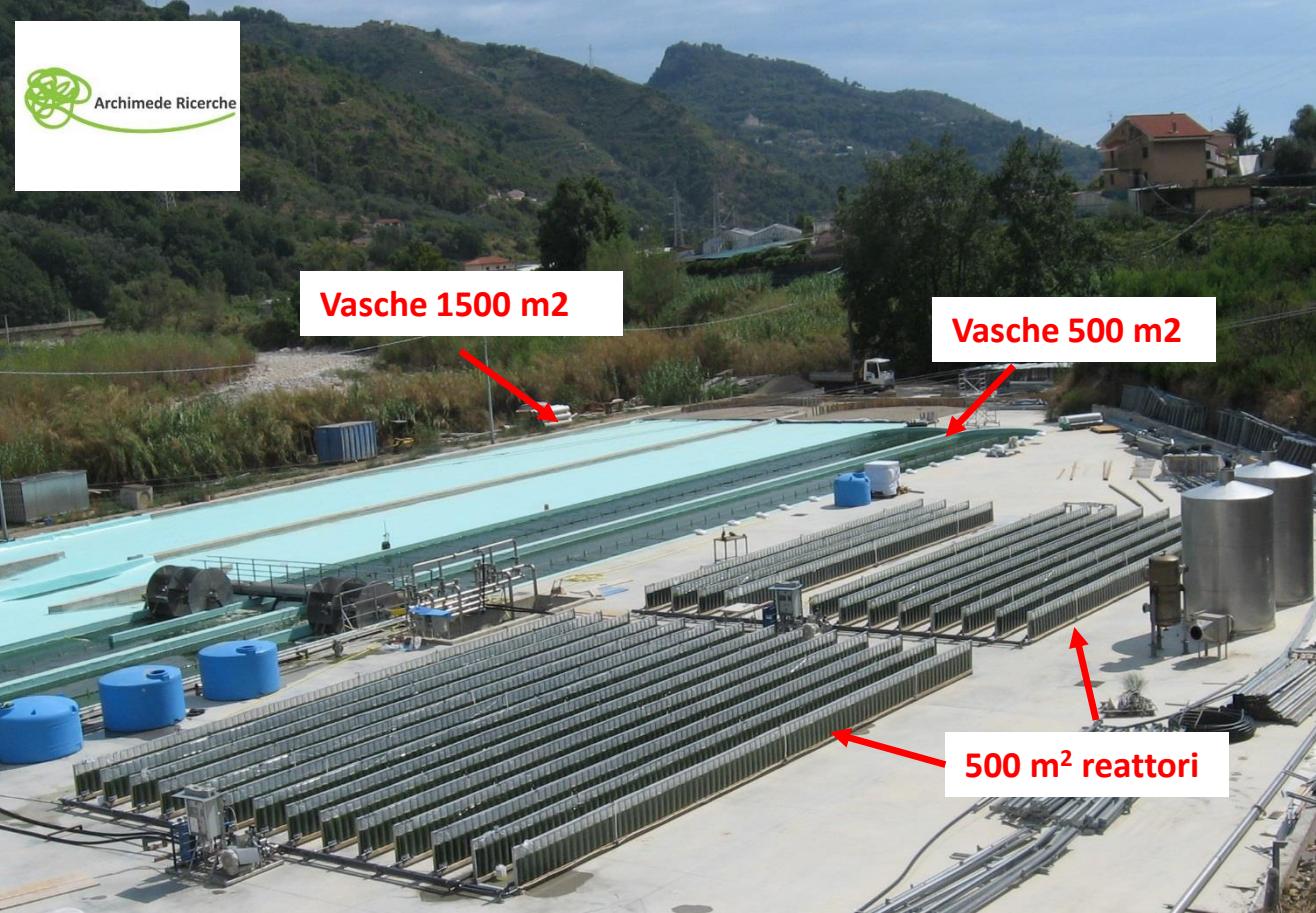


Moduli	
Numero moduli	4
Area singolo modulo / m <sup>2</sup>	2130
Area reattori / m <sup>2</sup>	150
Area Vasche / m <sup>2</sup>	1980
Volume singolo modulo / m <sup>3</sup>	173

Configurazione impianto	
Superficie totale / m <sup>2</sup>	10.000
Superficie produttiva/ m <sup>2</sup>	8.520
Area servizio / m <sup>2</sup>	1.480
Volume totale / m <sup>3</sup>	695

## Impianti con caratteristiche simili esistenti



Raffineria Gela (RG)



PLANT CONFIGURATION

enel  
Green Power



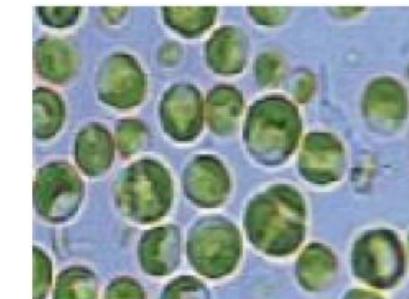
Impianto flessibile consente di coltivare  
numerose specie d'interesse commerciale.



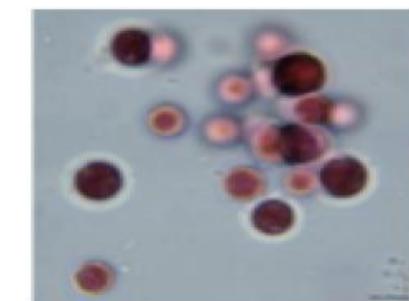
*Tetraselmis*



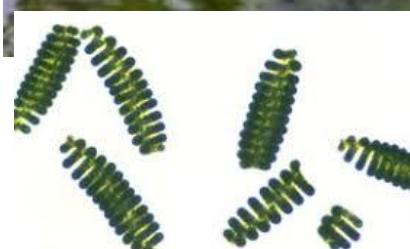
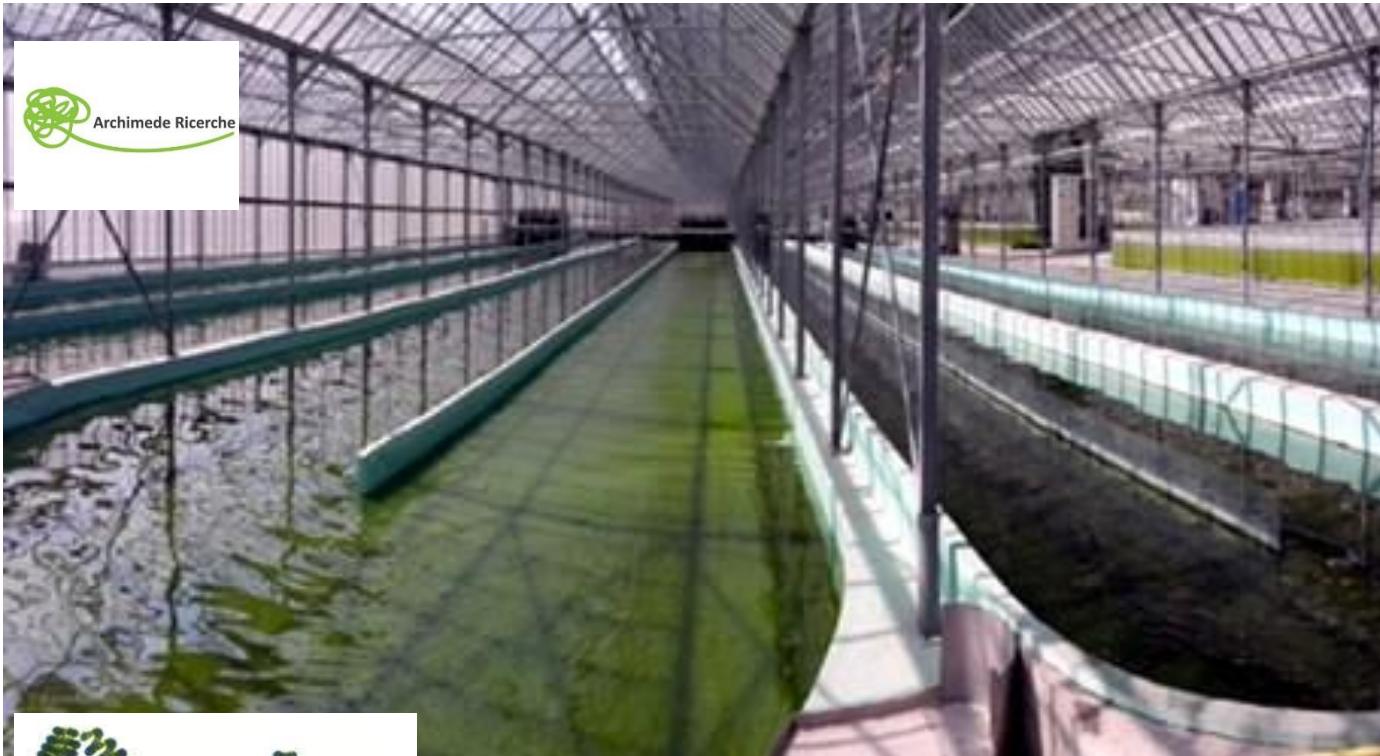
*Phaeodactylum*



*Nannochloropsis*



*Porphyridium*



*Arthrospira*



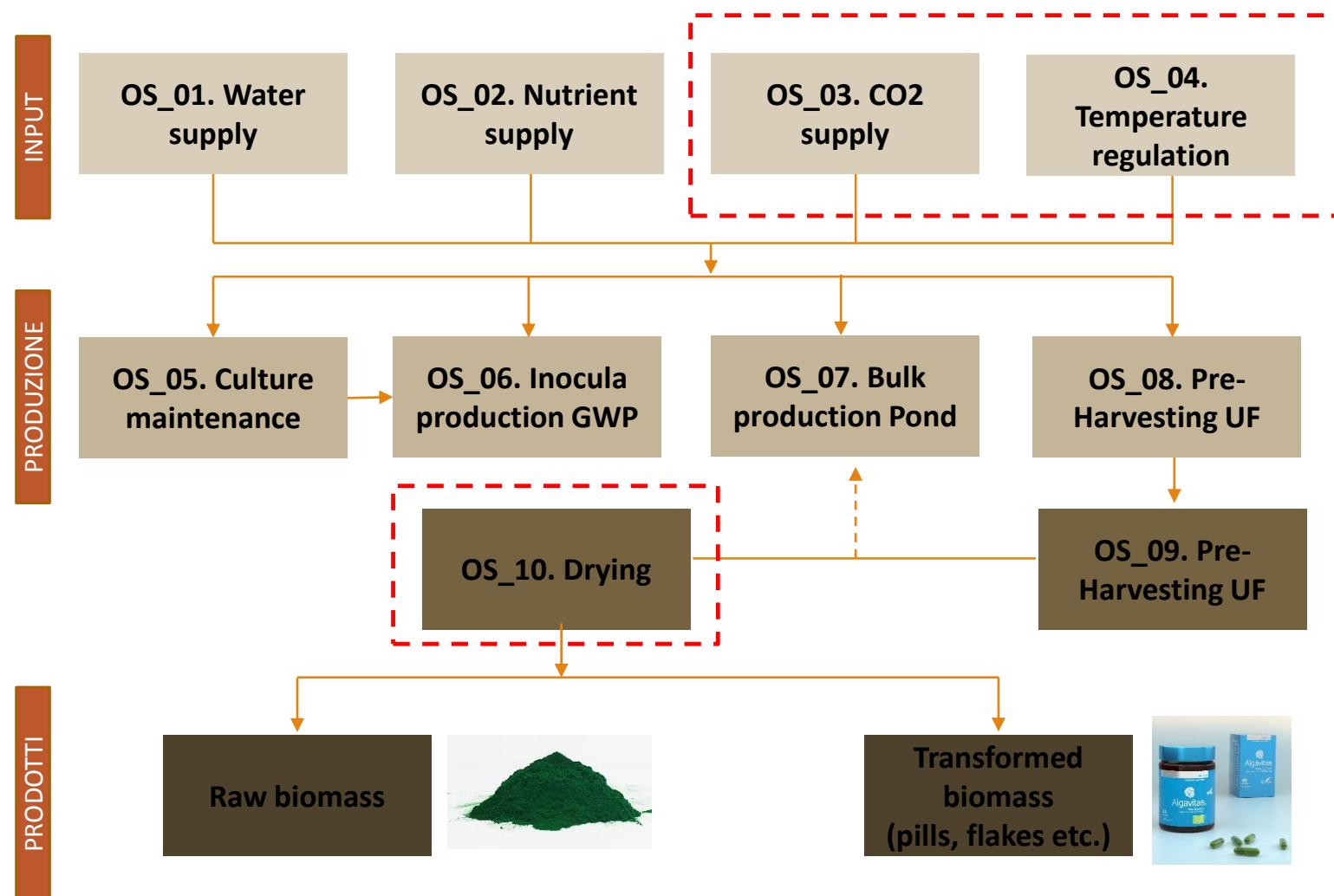
## PRODUZIONE CON GEOTERMIA (S1)



## PRODUZIONE CONVENZIONALE CON RISCALDAMENTO (S2)



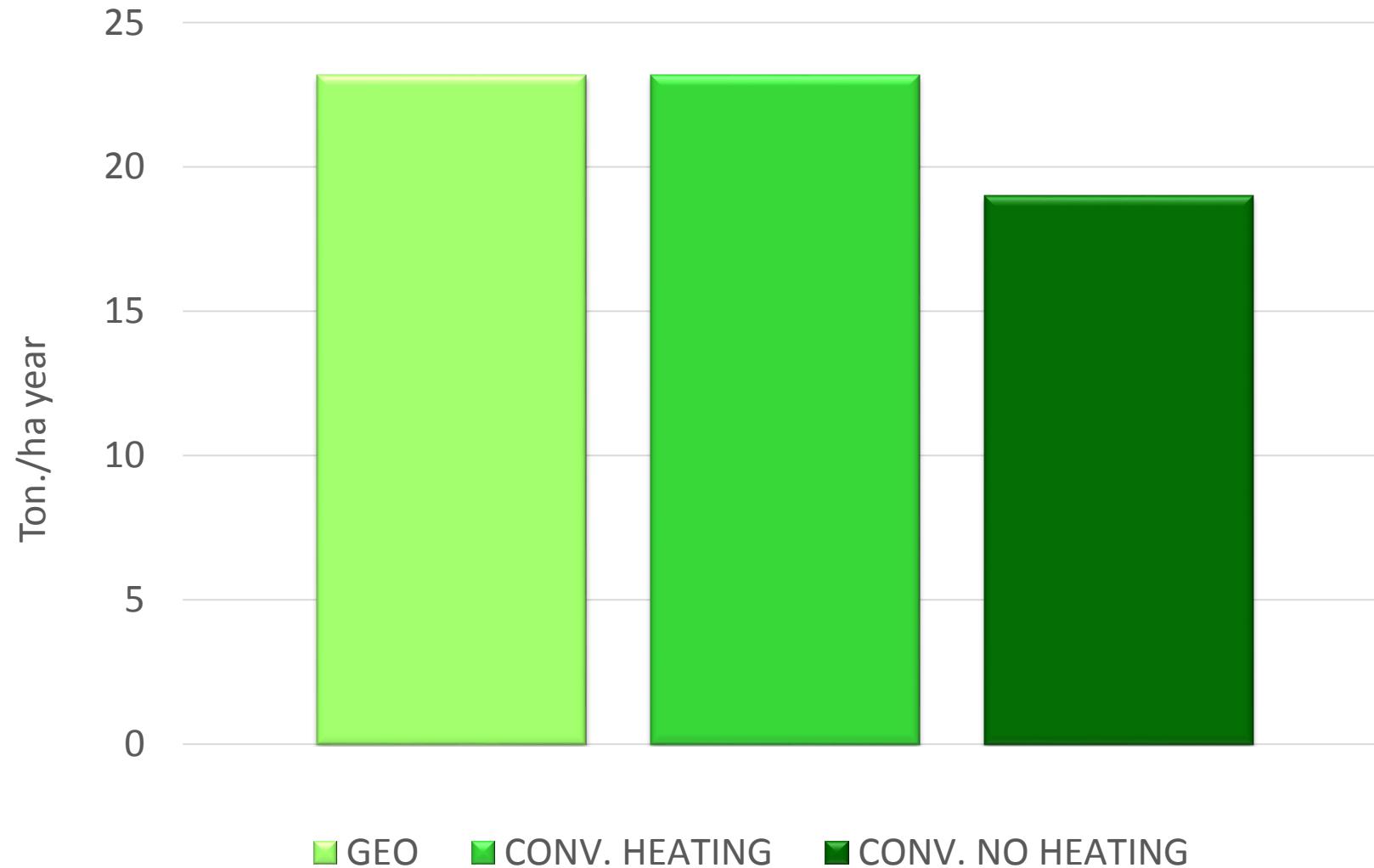
## PRODUZIONE CONVENZIONALE NO RISCALDAMENTO (S3)



**S1:** CO<sub>2</sub>, acqua calda e fredda per riscaldamento da impianto geotermico. Stagione produttiva 288/365 giorni.

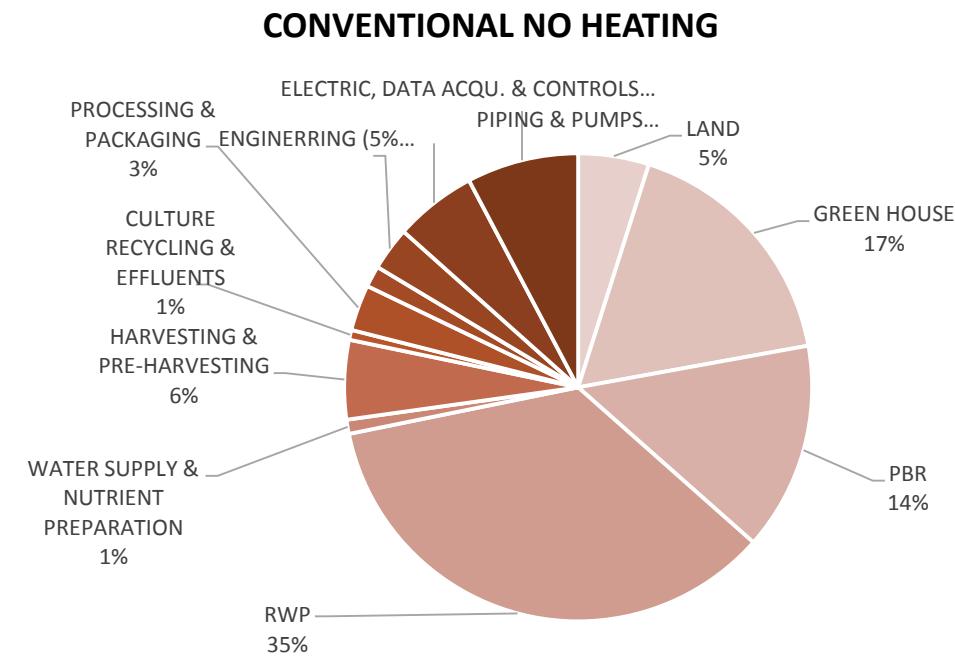
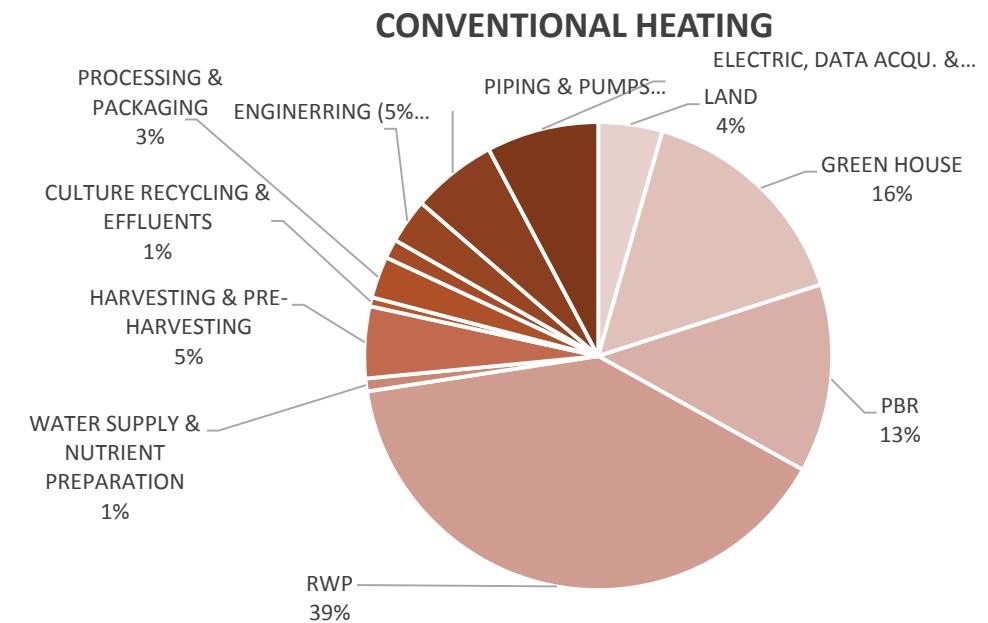
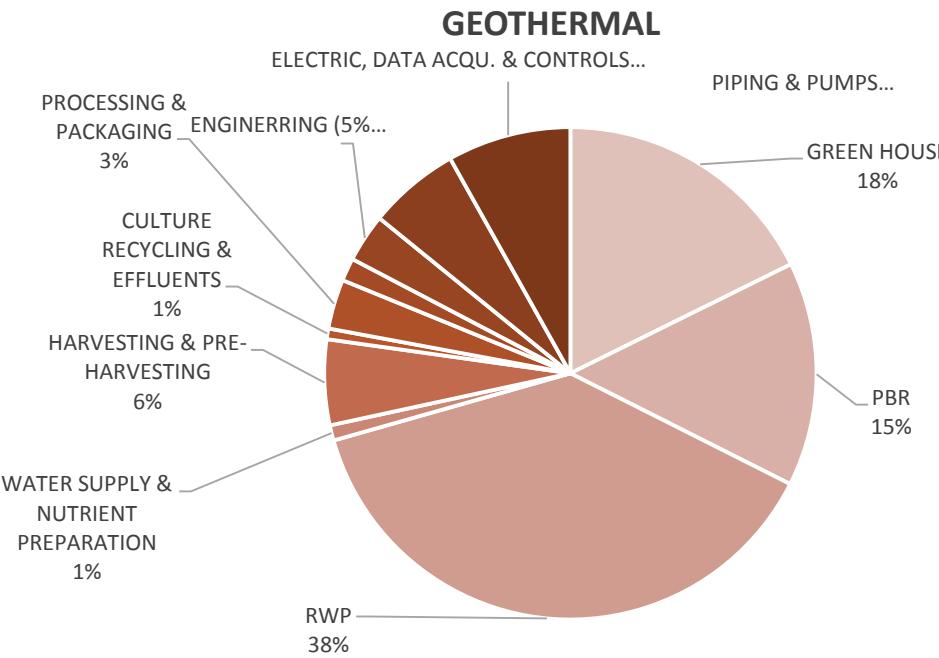
**S2:** CO<sub>2</sub> food grade acquistata, calore per riscaldamento colture ed essicazione prodotto con caldaia industriale a metano. Stagione produttiva 288/365 giorni.

**S3:** CO<sub>2</sub> food grade acquistata, colture non riscaldate. Stagione produttiva più corta (230/365 giorni).



CAPEX				
		GEOTHERMAL	CONVENTIONAL WITH HEATING	CONVENTIONAL NO HEATING
LAND	€	-	100.000	100.000
GREEN HOUSE	€	352.800	352.800	352.800
REACTORS (GWP)	€	294.000	294.000	294.000
ALGAE PONDS	€	761.280	891.960	721.280
WATER SUPPLY & NUTRIENT PREPARATION	€	20.000	20.000	20.000
HARVESTING & PRE-HARVESTING	€	112.000	112.000	112.000
CULTURE RECYCLING & EFFLUENTS	€	14.000	14.000	14.000
PROCESSING & PACKAGING	€	65.000	65.000	65.000
OFFICE & LABORATORY	€	30.000	30.000	30.000
<b>DIRECT CAPITAL COST (DCC)</b>	<b>€</b>	<b>1.649.080</b>	<b>1.879.760</b>	<b>1.709.080</b>
ENGINEERING (5% DCC)	€	63.314	69.848	61.314
PIPING & PUMPS	€	120.128	133.196	116.128
ELECTRIC, DATA ACQU. & CONTROLS	€	161.908	174.976	157.908
<b>TOTAL CAPEX</b>	<b>€</b>	<b>1.994.430</b>	<b>2.257.780</b>	<b>2.044.430</b>

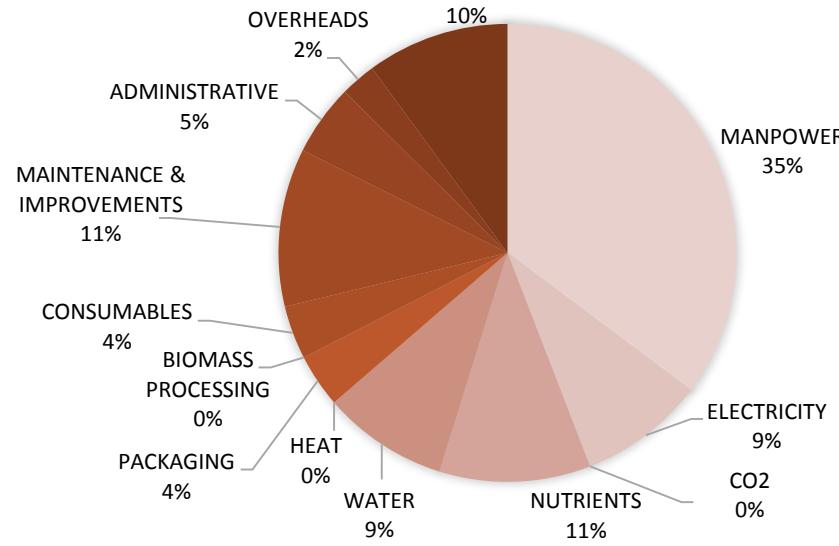
Nota: Costi di trasformazione biomassa non considerati perché servizio realizzato conto terzi.



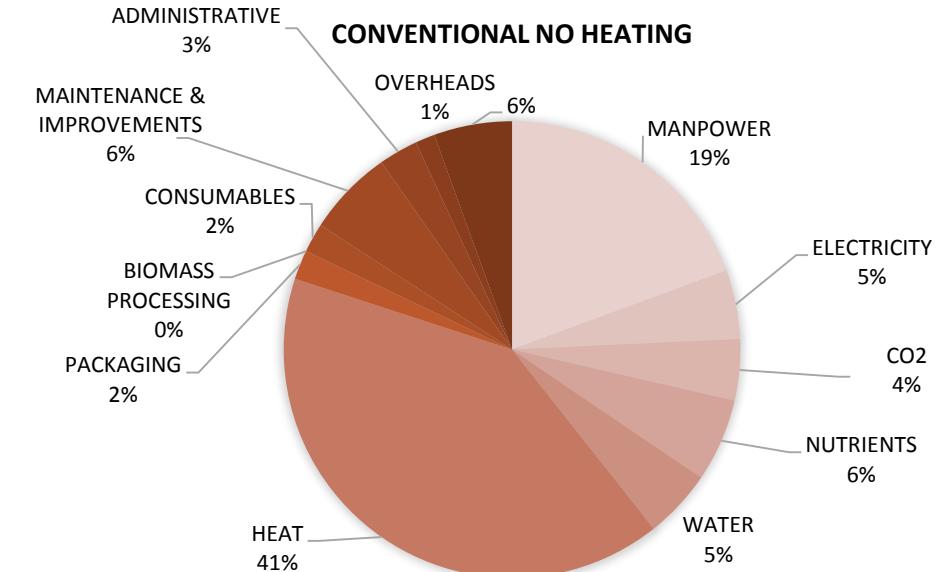


OPEX (Raw Biomass)				
		GEOTHERMAL	CONVENTIONAL WITH HEATING	CONVENTIONAL NO HEATING
MANPOWER	€/year	140.000	140.000	140.000
ELECTRICITY	€/year	35.359	35.359	26.705
CO2	€/year	-	31.298	25.657
NUTRIENTS	€/year	42.458	42.458	34.805
WATER	€/year	35.223	35.223	28.178
HEAT	€/year	-	293.933	2.699
PACKAGING	€/year	15.000	15.000	15.000
BIOMASS PROCESSING	€/year	-	-	-
CONSUMABLES	€/year	15.000	15.000	15.000
MAINTENANCE & IMPROVEMENTS	€/year	44.390	44.390	44.390
ADMINISTRATIVE	€/year	20.000	20.000	20.000
OVERHEADS	€/year	10.000	10.000	10.000
<i>Sub-total</i>	€/year	357.430	682.660	362.433
EXTERNAL COSTS	€/year	40.000	40.000	40.000
<b>TOTAL OPEX</b>	<b>€/year</b>	<b>397.430</b>	<b>722.660</b>	<b>402.433</b>

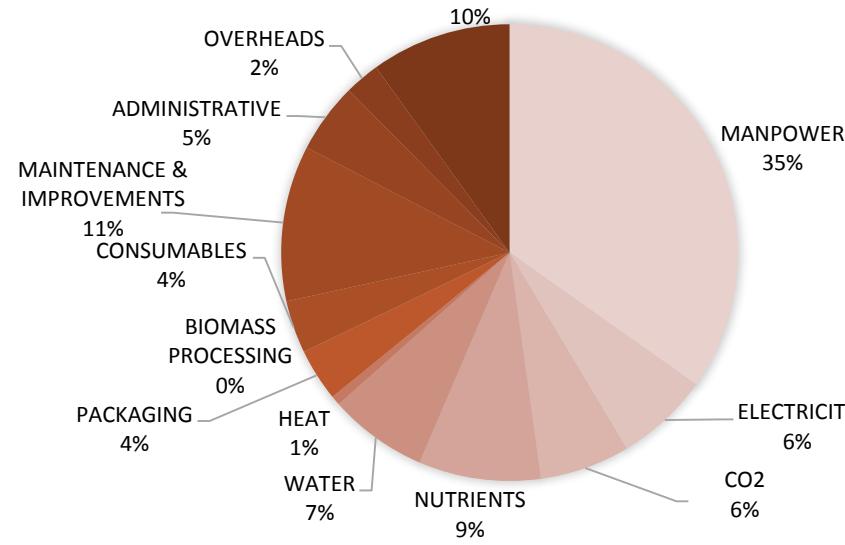
## GEO THERMAL

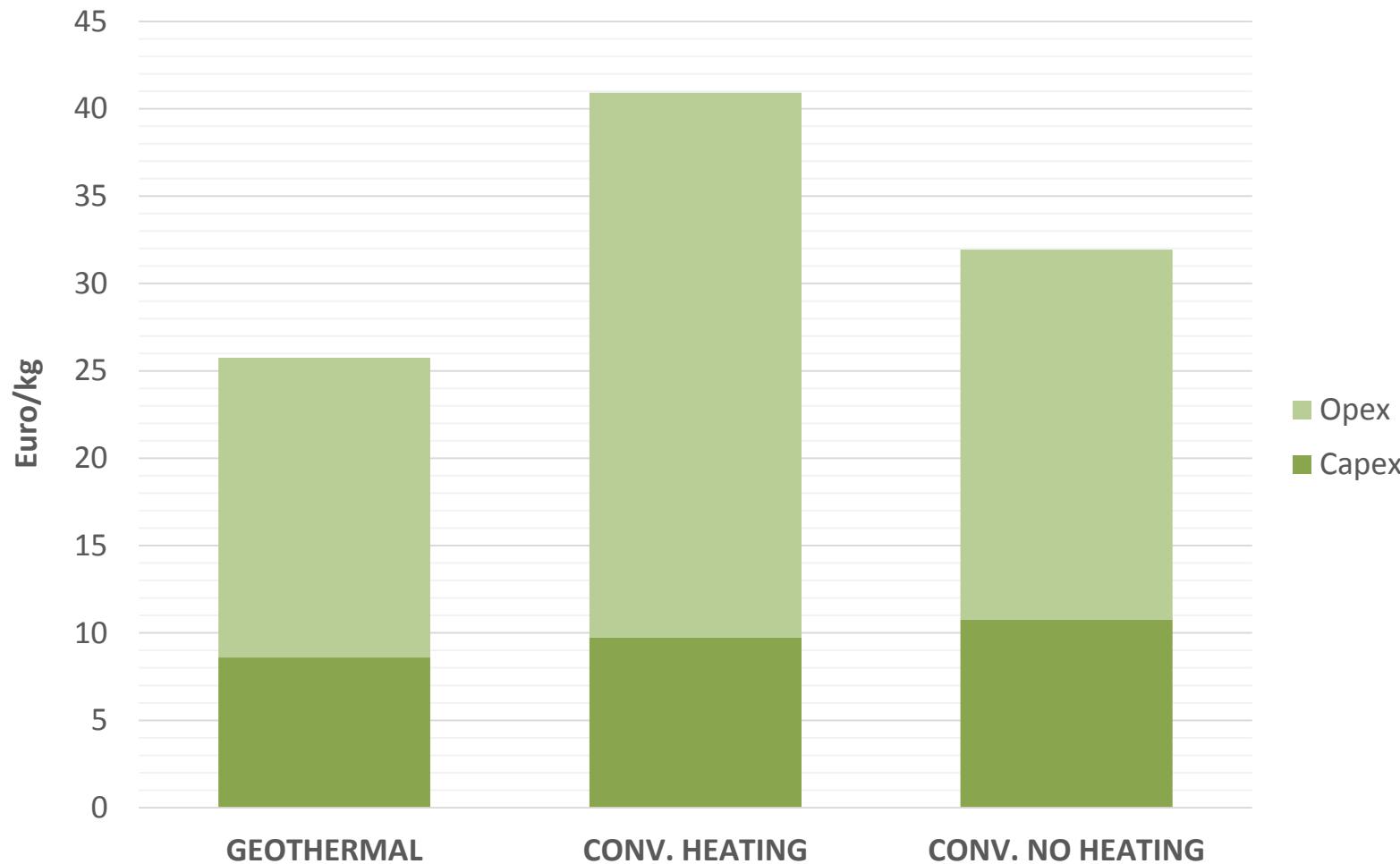


## CONVENTIONAL NO HEATING



## CONVENTIONAL NO HEATING

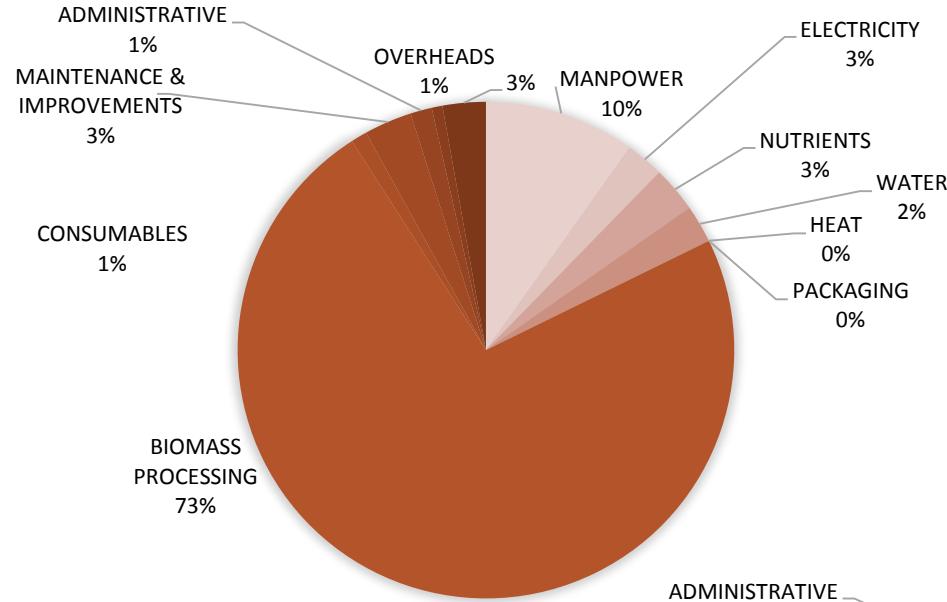




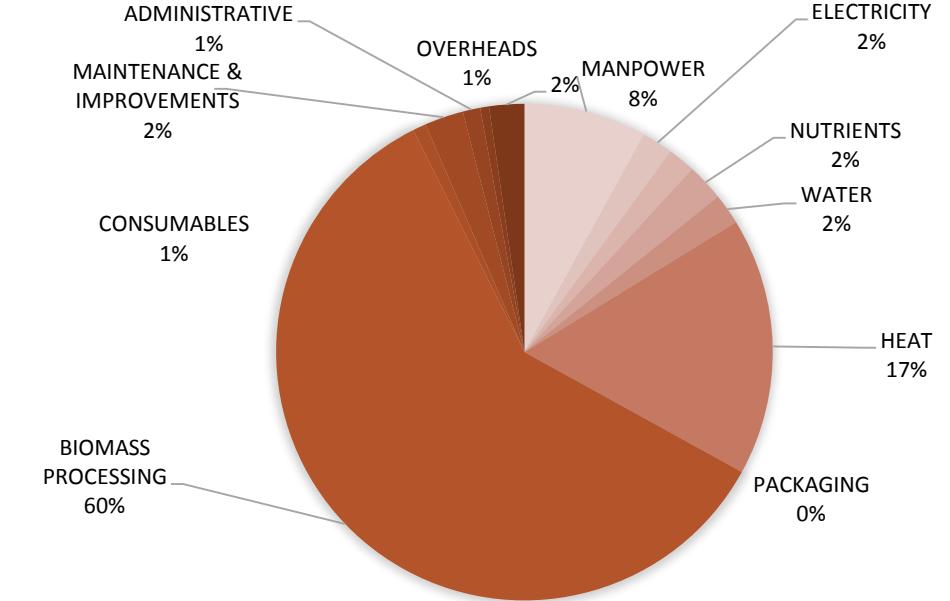


OPEX (Transformed biomass)				
		GEOTHERMAL	CON. HEATING	CON. NO HEATING
MANPOWER		140.000	140.000	140.000
ELECTRICITY		35.359	35.359	26.705
CO2		-	31.298	25.657
NUTRIENTS		42.458	42.458	34.805
WATER		35.223	35.223	28.178
HEAT		-	293.933	2.699
PACKAGING		-	-	-
BIOMASS PROCESSING		1.043.268	1.043.268	855.219
CONSUMABLES		15.000	15.000	15.000
MAINTENANCE & IMPROVEMENTS		44.390	44.390	44.390
ADMINISTRATIVE		20.000	20.000	20.000
OVERHEADS		10.000	10.000	10.000
<i>Sub-total</i>		1.385.698	1.710.928	1.202.652
EXTERNAL COSTS		40.000	40.000	40.000
<b>TOTAL OPEX</b>		<b>1.425.698</b>	<b>1.750.928</b>	<b>1.242.652</b>

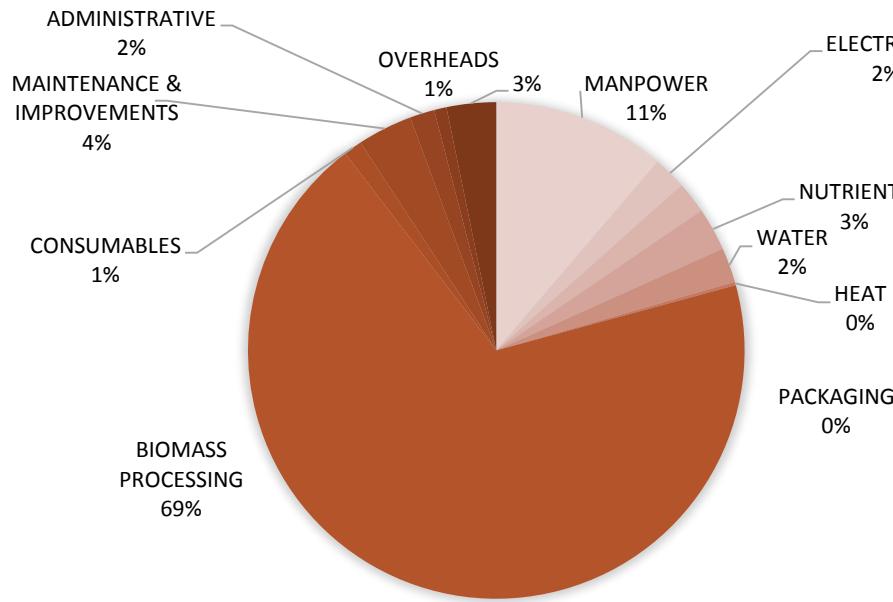
### GEOTHERMAL

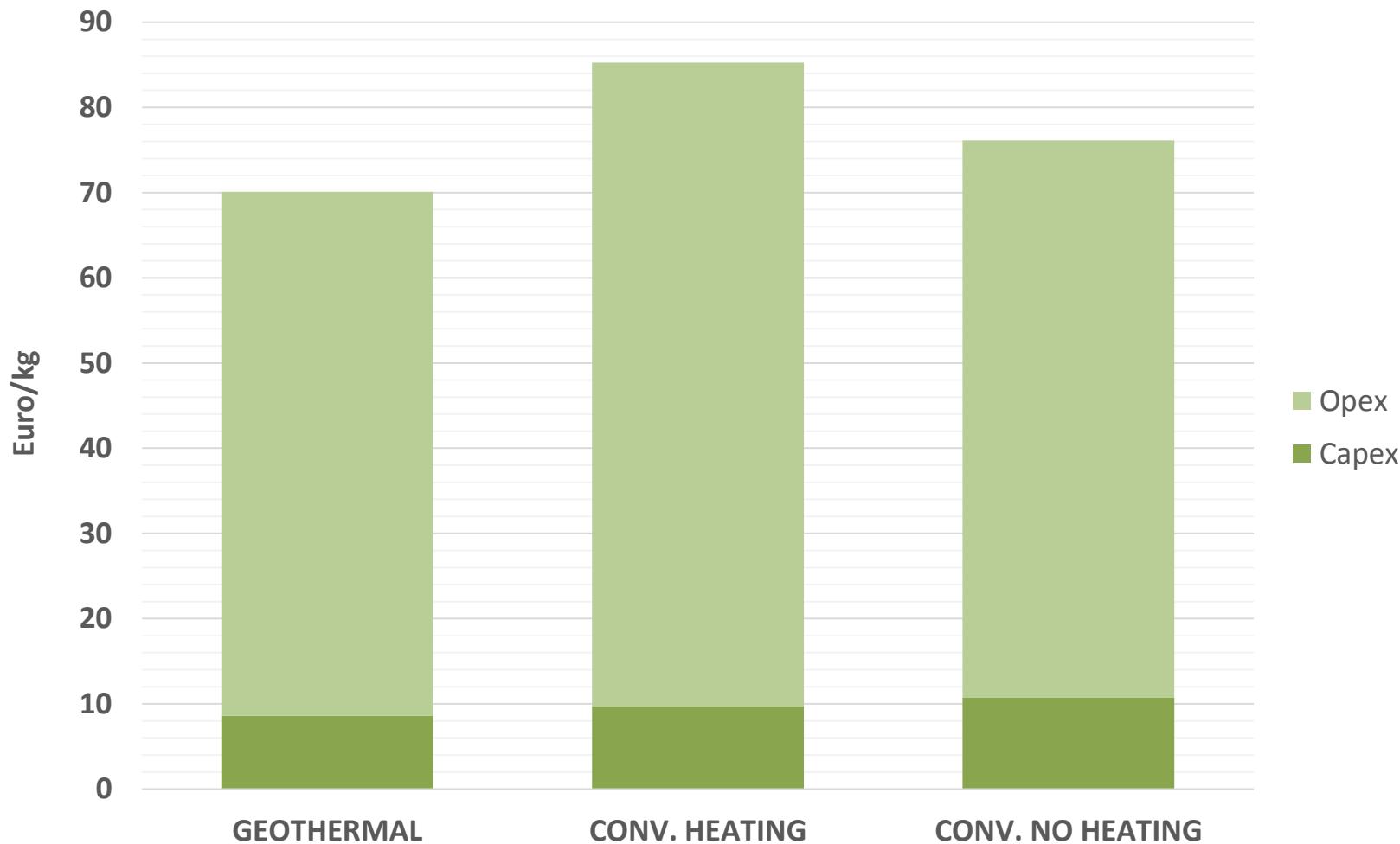


### CONVENTIONAL HEATING



### CONVENTIONAL NO HEATING







SEVERINO BECAGLI

Spirulina made in Tuscany

70 €/Kg



ECOLOGIC  
GREENFARM

Soc. Agricola Serenissima s.s.



250 €/Kg





EBITDA		GEOTHERMAL	CON. HEATING	CONV. NO HEATING
<i>Capex</i>	€			
<i>Opex</i>	€	397.430	722.660	402.433
<i>Revenue from products</i>	€	1.622.861	1.622.861	1.330.341
EBITDA		1.225.431	900.201	927.908
<i>EBITDA margin</i>	%	76%	55%	70%
<b>EBIT</b>				
Depreciation & Amortization (10 years)	€	199.443	225.778	204.443
EBIT	€	1.025.988	674.423	723.465
<i>EBIT margin</i>	%	63%	42%	54%



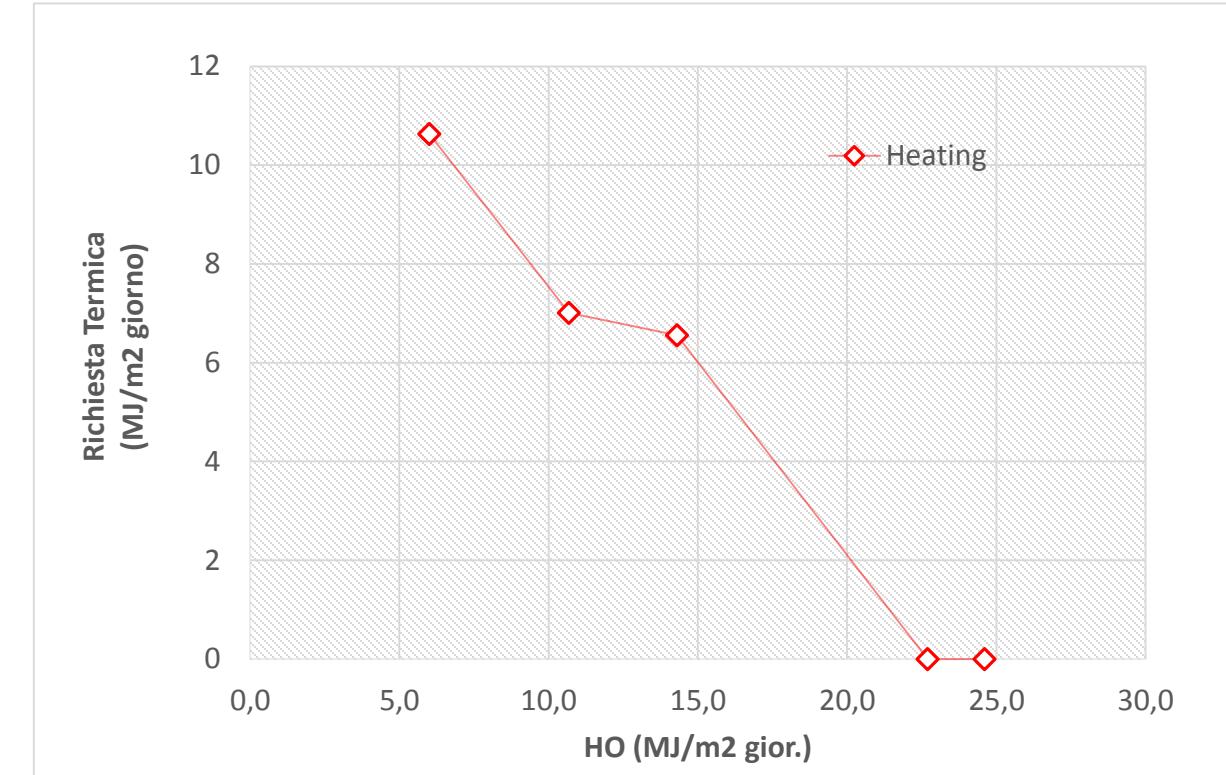
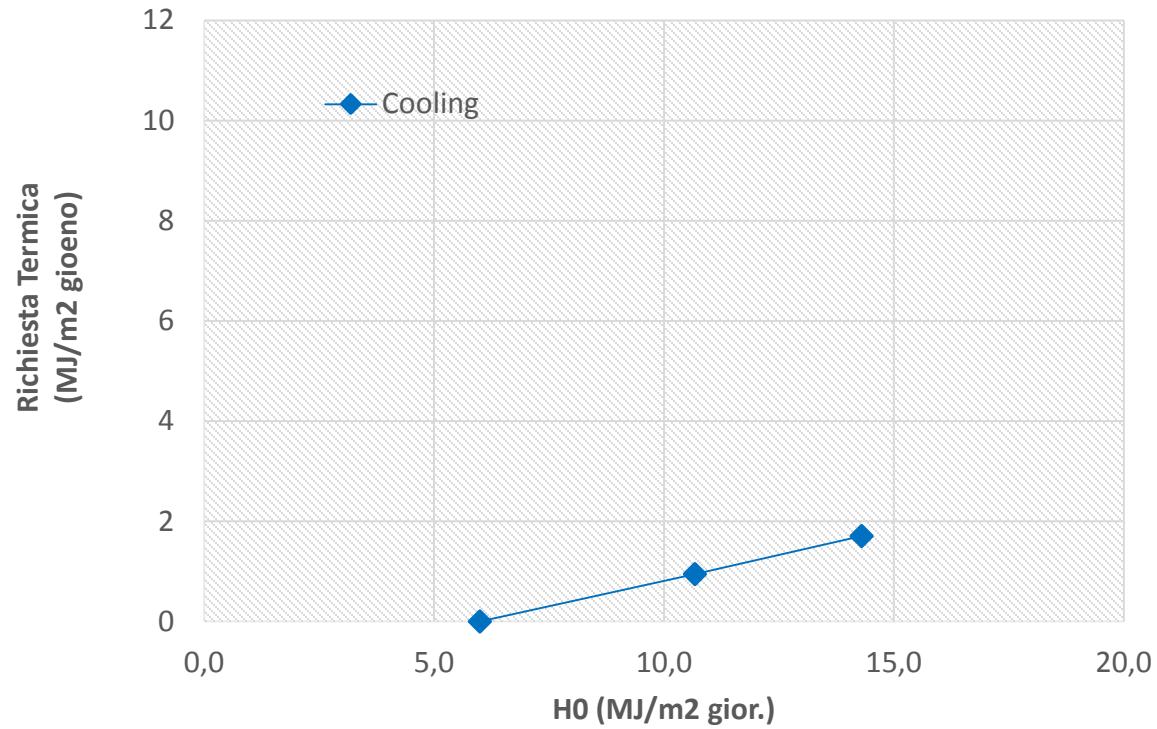
EBITDA		GEOTHERMAL	CON. HEATING	CONV. NO HEATING
<i>Capex</i>	€			
<i>Opex</i>	€	1.425.698	1.750.928	1.242.652
<i>Revenue from products</i>	€	5.795.933	5.795.933	4.751.217
EBITDA		4.370.235	4.045.004	3.508.565
<i>EBITDA margin</i>	%	75%	70%	74%
<b>EBIT</b>				
Depreciation & Amortization (10 years)	€	199.443	225.778	204.443
EBIT	€	4.170.792	3.819.226	3.304.122
<i>EBIT margin</i>	%	72%	66%	70%

# CONCLUSIONI

- ❖ L'uso di GAS AMIS come fonte di CO2 non deprime la produttività in biomassa né compromette la qualità della stessa.
- ❖ Contributo positivo del riscaldamento delle colture sulla produttività in biomassa (+25%).
- ❖ Disponibilità e gestione e termica sono l'elemento fondamentale della sostenibilità del processo produttivo.
- ❖ Il costo di produzione della biomassa algale (Raw biomass) -60% se la produzione è integrata con geotermia.

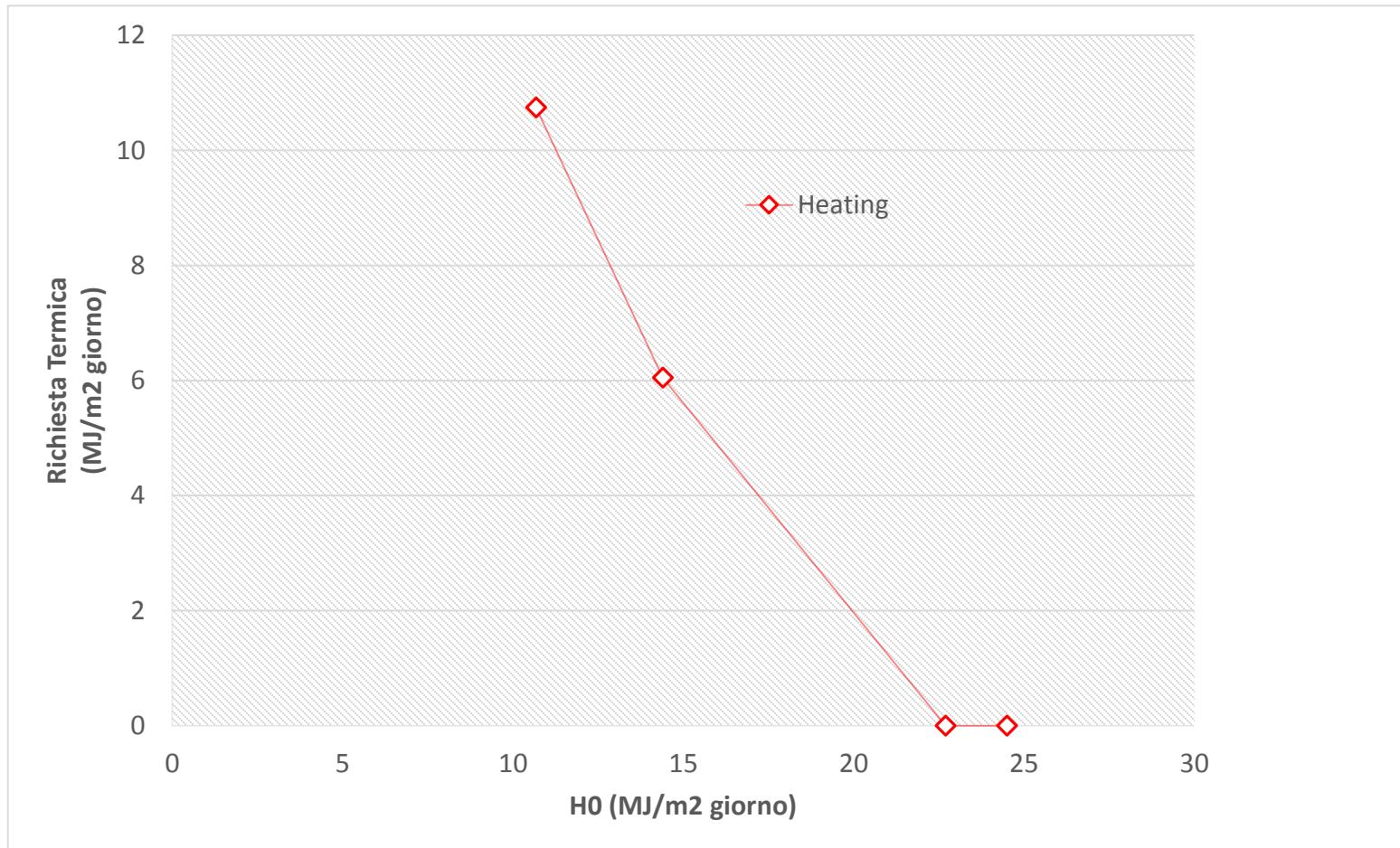
# RICHIESTA TERMICA

## 1. REATTORI GWP



# RICHIESTA TERMICA

## 2. VASCHE



LE VASCHE NON HANNO BISOGNO DI ESSERE RAFFREDDATE IN QUANTO SI RAFFREDDANO EVAPORANDO