



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

UTILIZZO RAZIONALE DELLE ACQUE DEL RETICOLO IDRICO SUPERFICIALE A SCOPO ENERGETICO

PROBLEMATICHE E VANTAGGI AMBIENTALI

Ing. Daniele Fraternali

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano

Commissione Ambiente

Città Metropolitana di Milano. Via Vivaio 1 - 11 Maggio 2017



Premessa

Siamo a Milano (area Metropolitana).

L'aria è (troppo) inquinata.

*Sono allo studio provvedimenti per risolvere il problema ...
.....e per evitare la multa della Commissione Unione Europea*

*Il riscaldamento degli ambienti è una parte delle cause
dell'inquinamento.*

*Gli **Ossidi di Azoto (NOx)** sono il principale inquinante
gassoso
oltre che un precursore della formazione delle Polveri Sottili (PM10,
PM2.5, PM1)*



Premessa (segue)

La Pompa di Calore è una “macchina elettrica” che produce energia termica senza emettere inquinanti “a scala locale”

Possiamo anche vederla come il “duale” della mobilità elettrica per il settore dei trasporti e della mobilità

Tesi:

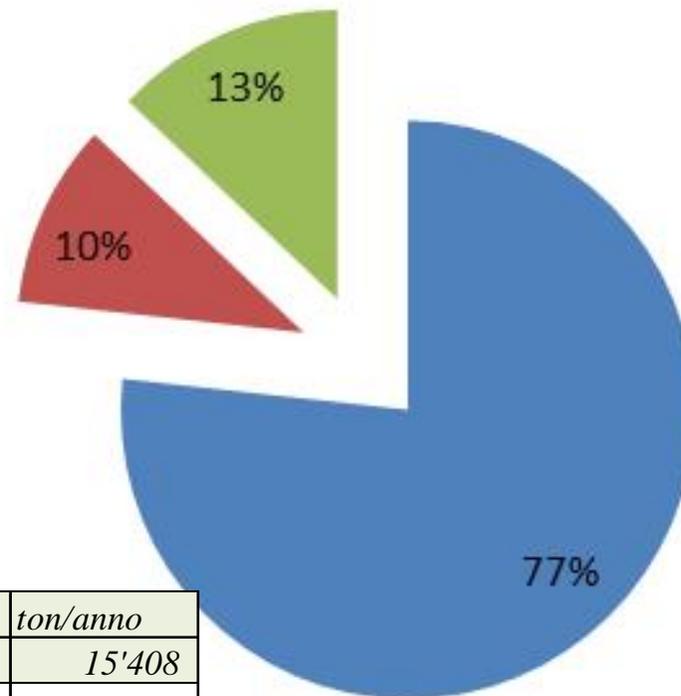
La versione acqua/acqua delle pdc, potendo impiegare allo scopo l'acqua di falda, è una soluzione che azzerà (per la sua quota) le emissioni di NOx a scala locale ma che ha un effetto positivo (energetico e ambientale) anche a scala globale.



il Bilancio delle emissioni di Ossidi di Azoto

Emissioni NOx Provincia Milano traffico + combustione n.i. - (Fonte: INEMAR - 2014)

■ trasporti ■ combustione industriale ■ riscaldamento



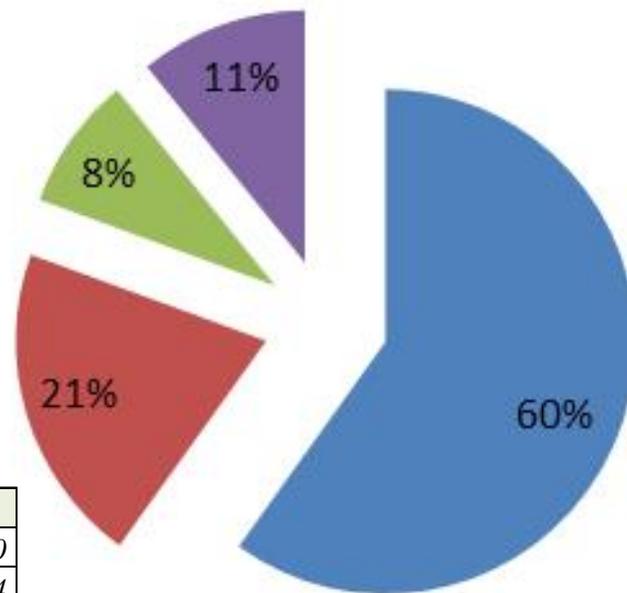
<i>Emissioni NOx - Anno 2014</i>	<i>ton/anno</i>
<i>trasporti</i>	<i>15'408</i>
<i>combustione industriale</i>	<i>2'067</i>
<i>riscaldamento</i>	<i>2'612</i>
<i>Totale</i>	<i>20'087</i>



il Bilancio delle emissioni di Ossidi di Azoto

Emissioni NOx Comune di Milano **Traffico+Combustione n.i. - (Fonte: INEMAR - 2014)**

- Traffico extraurbano
- Traffico urbano
- Riscaldamento terziario
- Riscaldamento residenziale

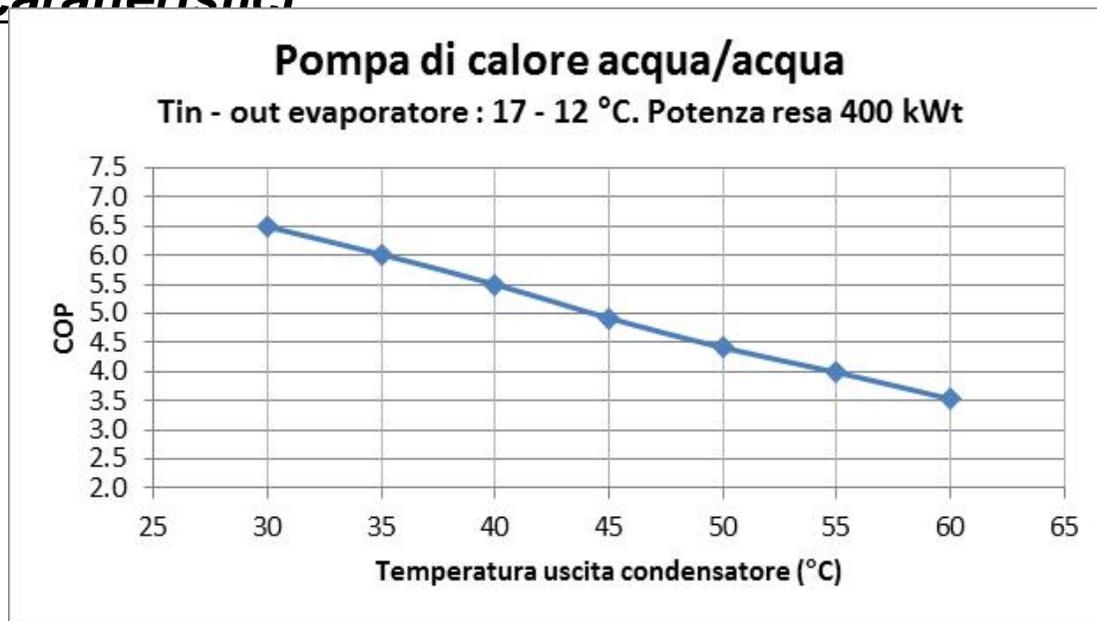


<i>Emissioni NOx - Anno 2014</i>	<i>ton/anno</i>
<i>Traffico extraurbano</i>	<i>3'360</i>
<i>Traffico urbano</i>	<i>1'154</i>
<i>Riscaldamento terziario</i>	<i>481</i>
<i>Riscaldamento residenziale</i>	<i>609</i>
<i>Totale</i>	<i>5'605</i>



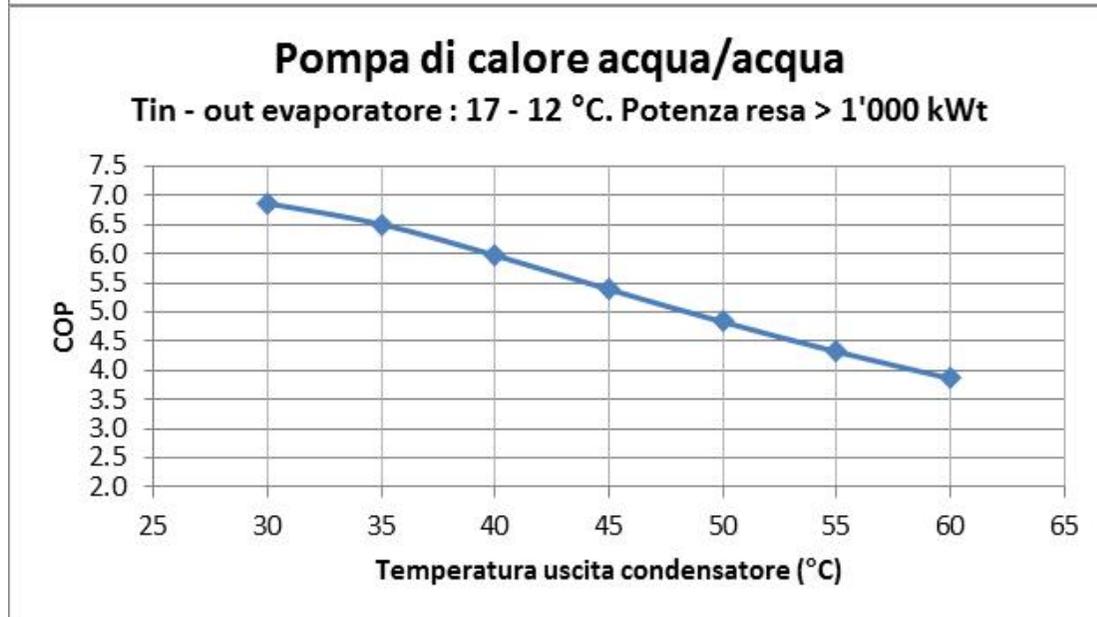
La Pompa di Calore "acqua/acqua" – COP

caratteristiche



Con T_c 45°C \Rightarrow COP 5

Con T_c 40°C \Rightarrow COP 5.5



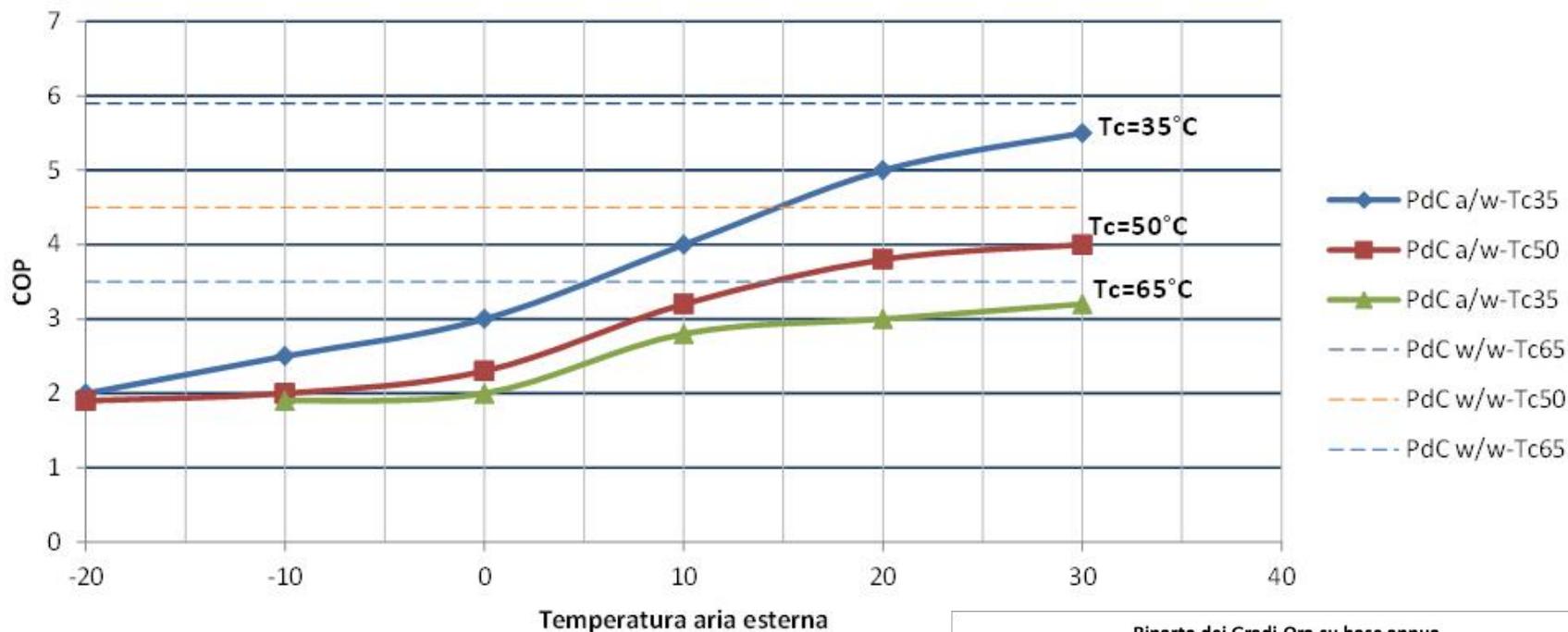
Con T_c 45°C \Rightarrow COP 5.5

Con T_c 40°C \Rightarrow COP 6



La Pompa di Calore "aria/acqua" – COP

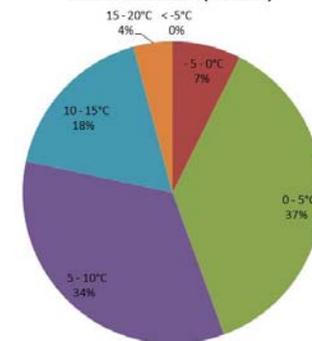
Pompa di calore aria/acqua (a/w)
valori di COP in funzione della temperatura dell'aria esterna



< -5°C	- 5 - 0°C	0 - 5°C	5 - 10°C	10 - 15°C	15 - 20°C
0.0%	7.4%	37.0%	33.9%	17.4%	4.2%
7.4%		70.9%		21.7%	
78.3%				21.7%	
100.0%					

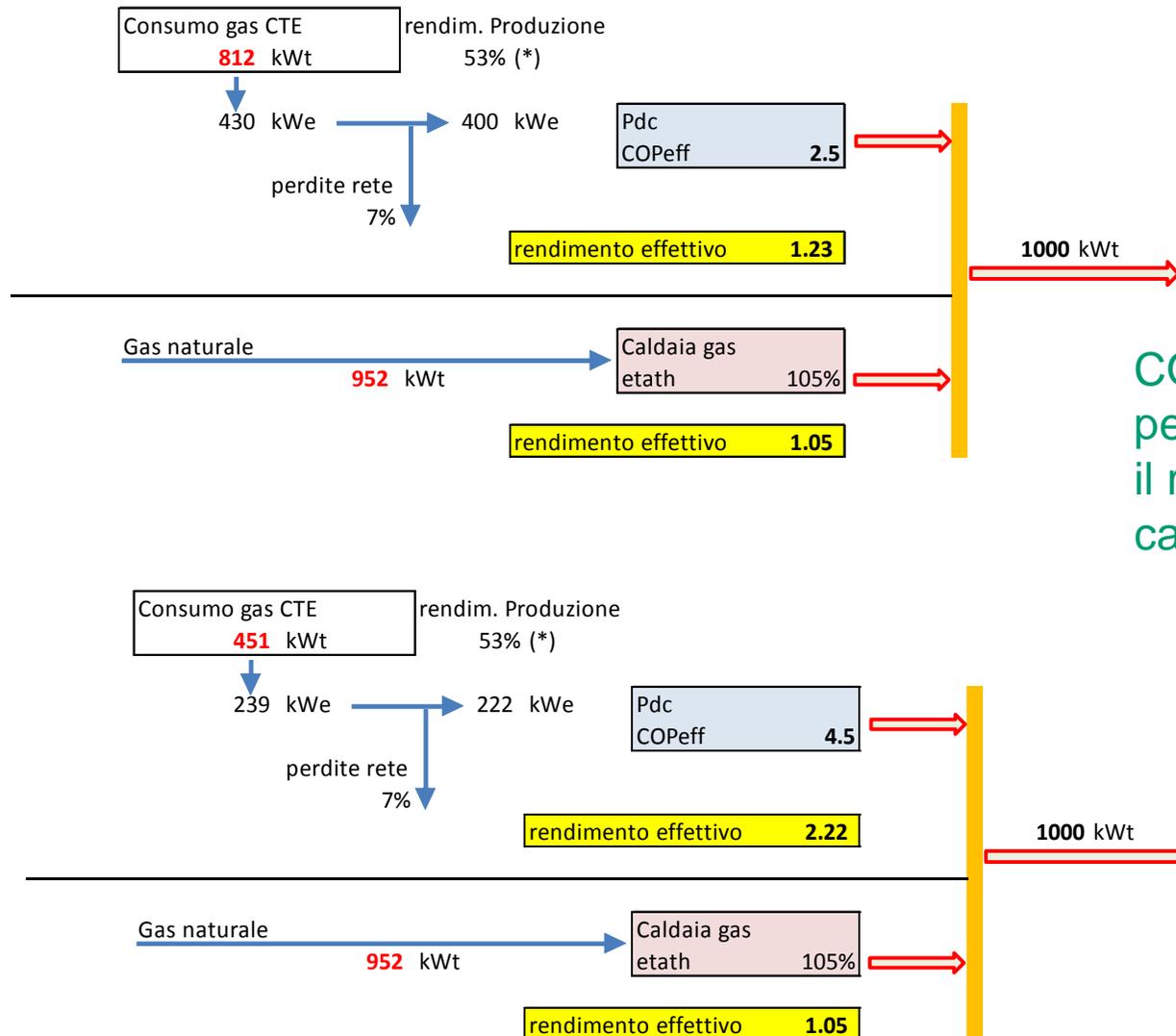
Riparto dei Gradi-Ora su base annua

Località: Milano - Dati: UNI-CNR
Totale annuo: 56'798 (base 19°C)





Rendimento energetico comparato Pompa di calore Vs Caldaia a condensazione



COP = 2.5 è il minimo per pareggiare almeno il rendimento di una caldaia a condensazione

(*) Regolamento Commissione Ue 2015/2402/Ue



In sintesi:

- 1) *La pompa di calore acqua/acqua (w/w) garantisce una efficienza maggiore e indipendente dalla Taria esterna.*
- 2) *Per garantire una resa energetica > della combustione del metano è necessario poter contare su un COP ≥ 2.5 .
Solo per pompe w/w questo livello è normalmente raggiunto e in genere ampiamente superato.*



Convenienza economica delle pompe di calore

La convenienza economica della pompa di calore, comparata alla soluzione della caldaia a condensazione, si gioca:

a) sui rendimenti (della pdc)

a) sul differenziale di costo tra il gas naturale e la tariffa elettrica.

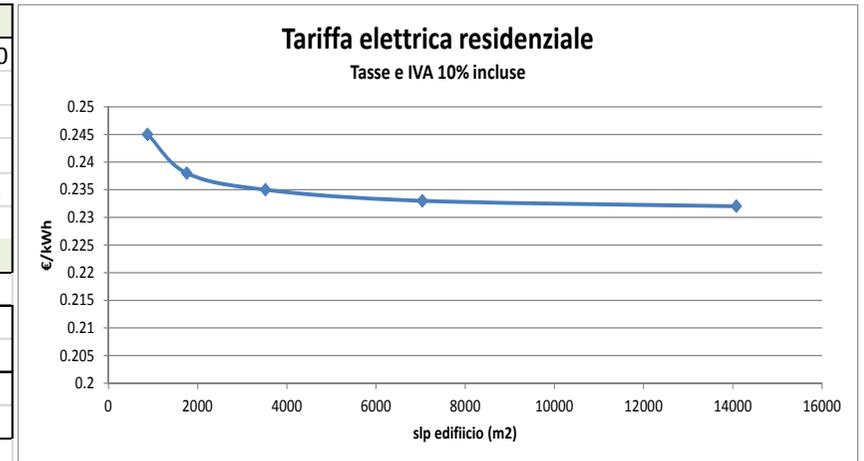
a) Sugli investimenti (maggiori per la pompa di calore)

a) Sugli oneri di gestione accessorio (pozzo per le w/w)



Stima della tariffa elettrica – Uso residenziale

Utenza di riferimento			
Edificio residenziale - 32 appartamenti x 110 mq	mq slp	80'000	pari a n.app 800
Volumetria riscaldata	m3	240'000	
Fabbisogno annuo riscaldamento	63 kWh/mq/a	5'040'000	kWh/a
Fabbisogno termico alla punta invernale	16.5 W/mc/h	3960	kW
acs	727 alloggi	3.5	persone/unità
	80 l/g/p	2'131'078	kWh/a
Totale fabbisogno di calore		7'171'078	kWh/a
Tipologia Tariffa elettrica			
Abitazioni residenza > 3 kW			
Potenza elettrica impegnata pdc		720	kW
Consumo annuo pdc		1'303'832	kWh
Materia Energia			
quota energia		0.0649	€/kWh
quota fissa		41.0237	€/anno
			totale
			84'618.72
			41.02
Trasmissione, Distribuzione e misura - Tariffa D2/D3			
		Tariffa D3 (resid >3 e non resid)	
Componente t1		19.3092	€/pp/anno
Componente t2		21.276	€/kW
Componente t3		0.0406	€/kWh
Oneri di sistema (a2,a3,a4,a5,Ae,As,UC4,UC7,MCT)		148.5124	€/pp
Oneri di sistema (a2,a3,a4,a5,Ae,As,UC4,UC7,MCT)		0	€/kW
Oneri di sistema (a2,a3,a4,a5,Ae,As,UC4,UC7,MCT)		0.070772	€/kWh
Totale annuo al netto delle tasse			245'356.71
	pari a	€/kWh	0.188
Tasse			
accise abitazioni		0.0227	€/kWh
IVA		10%	27'495
Totale complessivo			302'449
	pari a	€/kWh	0.232



Costo medio del gas naturale
0.6 €/Smc + iva 22%
Pari a 0.075 €/kWh

Rapporto di costo
en.elettrica/ gas naturale

→ 3.05



Strategie di uso razionale della risorsa acqua di falda

Il teleriscaldamento a bassa entalpia

Centralizzazione dei pozzi di prelievo e restituzione dell'acqua di falda per una minimizzazione e razionalizzazione dei costi



Strategie di uso razionale della risorsa acqua di falda

I problemi della manutenzione del pozzo.

Monitoraggio e manutenzione ordinaria

Monitoraggio (mensile) sulla funzionalità del pozzo (misure di portata/ potenza pompa, livello statico e dinamico), valutazione della variazioni di torbidità, colore e presenza di sabbia nell'acqua. Pulizia filtri.

Monitoraggio (annuale): prova di portata a gradini per monitorare l'efficienza del pozzo

Manutenzione straordinaria.

Quando emergono segni di ridotta efficienza si deve iniziare l'indagine conoscitiva per individuare se e dove le tubazioni del pozzo sono intasate/rotte e necessitano di interventi.

Eventuali interventi di manutenzione straordinaria: trattamento chimico disincrostante, pompaggio in contropressione, pistonaggio, lavaggio con ugelli.



Strategie di uso razionale della risorsa acqua di falda

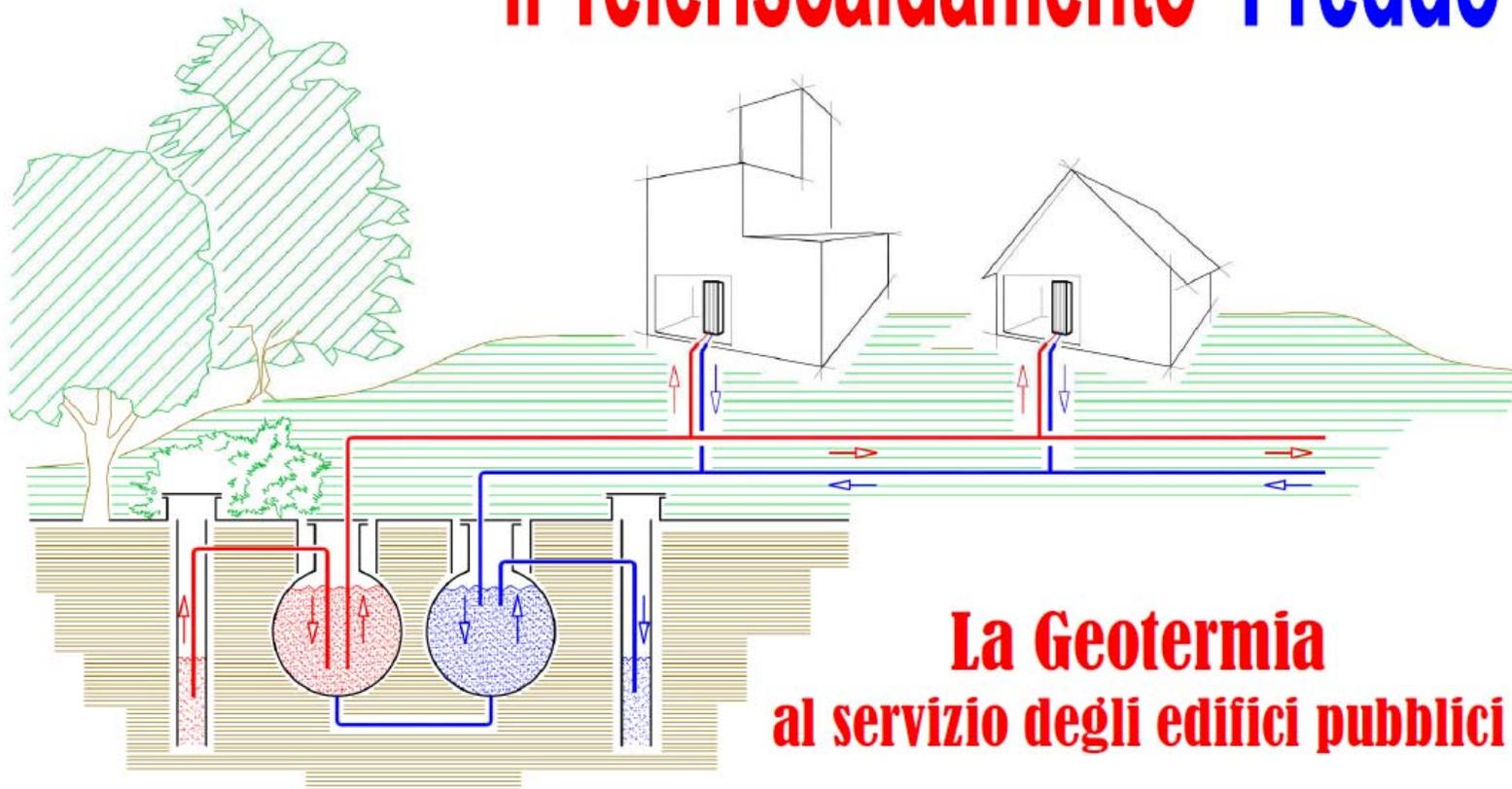
I problemi della manutenzione del pozzo.

OPPURE

*Centralizzare la gestione dei pozzi
e distribuire l'acqua "tecnica" mediante
una rete di tubazioni interrato di materiale plastico
(PEAD).*

*Si parla in questo caso di "teleriscaldamento freddo" o
più propriamente di
teleriscaldamento a bassa entalpia.*

il Teleriscaldamento "Freddo"



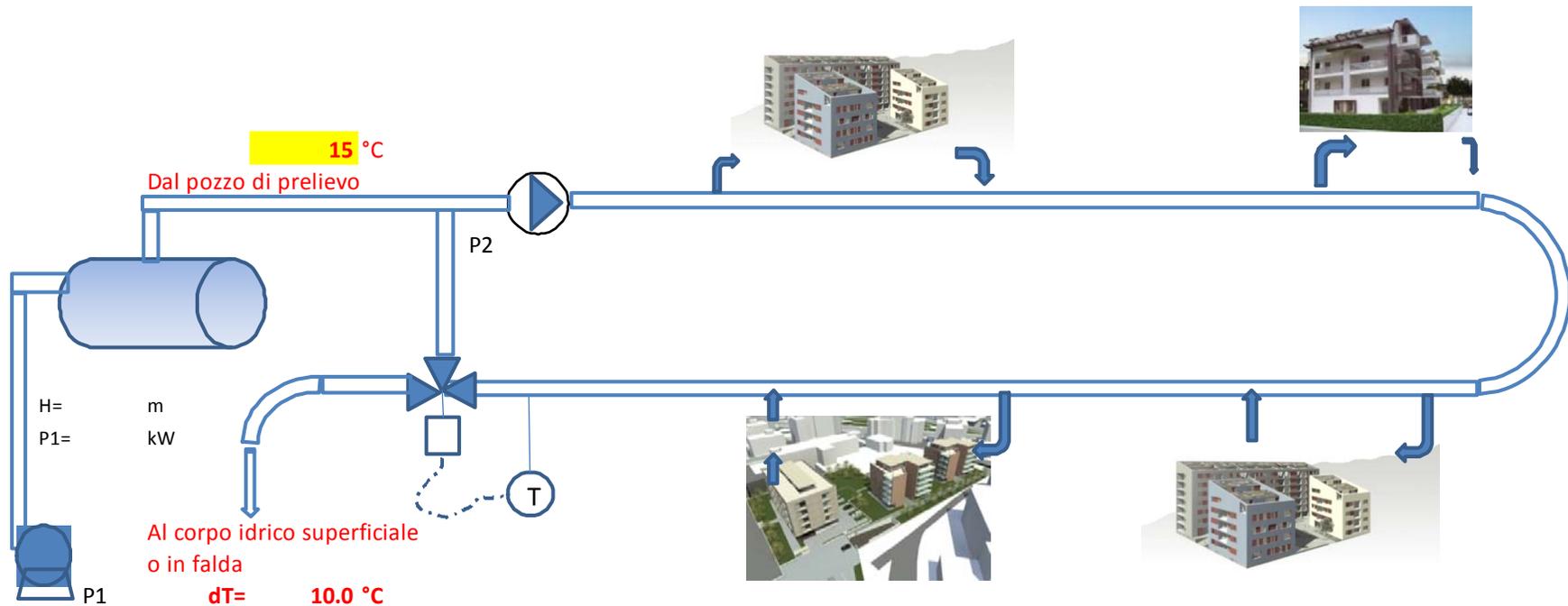
**La Geotermia
al servizio degli edifici pubblici**



Il teleriscaldamento a bassa entalpia

Obiettivi:

- centralizzazione della gestione del pozzo di prelievo dell'acqua di falda e della sua re-immissione (in falda o su corpo superficiale)
- distribuzione in una rete di tubazioni in PEAD l'acqua «tecnica»
- connessione alla rete delle pompe di calore distribuite





Il teleriscaldamento a bassa entalpia

La rete opera anche come collettore di surplus termici a bassa entalpia:

- Calore ceduto dal condensatore dei frigoriferi ,
- Pannelli solari termici
- Sistemi di raffreddamento di impianti,
- Recupero del calore residuo delle acque reflue (grigie)
- Scambio termico con il terreno delle tubazioni
- **Integrazione con cisterne di accumulo solare stagionale.**
- In estate, lo scambio tra scarichi termici dei frigoriferi e la produzione di acqua calda





Il teleriscaldamento a bassa entalpia

Un caso di studio

Aggregazione delle utenze residenziali e commerciali di un quartiere mediante una rete a bassa entalpia.

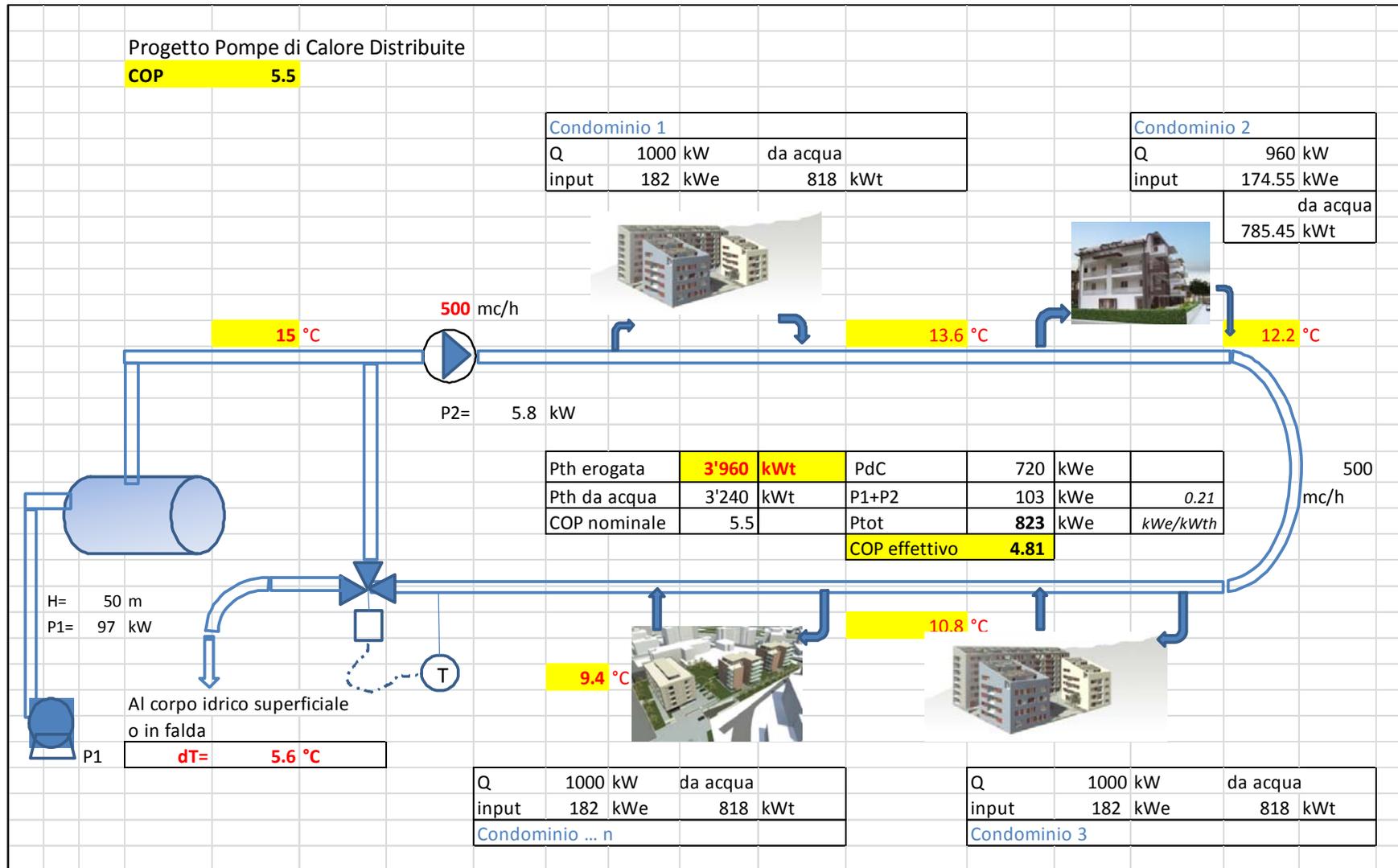
Pompe di calore acqua/acqua distribuite presso le utenze.

Adeguamento degli impianti interni degli edifici al funzionamento a bassa temperatura (< 45 °C)

Utenza di riferimento				
<i>Aggregato di Edificio residenziali. 800 unità immobiliarix 100 mq</i>	<i>mq slp</i>	<i>80'000</i>	<i>pari a n.app</i>	<i>800</i>
<i>Volumetria riscaldata</i>	<i>m3</i>	<i>240'000</i>		
Fabbisogno annuo riscaldamento	63	kWh/mq/a	5'040'000	kWh/a
Fabbisogno termico alla punta invernale	16.5	W/mc/h	3960	kW
acs	727	alloggi	3.5	persone/unità
	80	l/g/p	2'131'078	kWh/a
Totale fabbisogno di calore			7'171'078 kWh/a	



Teleriscaldamento a bassa entalpia – Caso di studio





Bilancio economico comparato – PdC vs caldaia a

gas

A - PdC			
Calore richiesto annualmente (incl. acs)		7'171'078	kWht
Potenza termica alla punta		3960	kWt
COP		5.5	
Consumo di energia elettrica pdc		1'303'832	kWh
Consumo di energia elettrica pozzo		157'044	kWh
Consumo totale energia elettrica		1'460'877	kWh
Costo annuo	tasse/IVA inclusa	338'879	€/anno
Manutenzione	7%	31'185	€/anno
Costo gestione annuale	A	370'064	€/anno
Stima investimento pdc	€	445'500	
Costo rete (1 km) + pozzo	€	452'000	iva
Allacciamento a ENEL	€	37'824	10%
Oneri Tecnici (10%)	€	74'826	
Totale	€	1'010'150	€ 109'994 € 1'120'145
B - gas naturale			
Produzione alternativa			
gas		0.536	€/Smc
Consumo gas (rendim.)	95%	786'874	Smc/anno
Pari a:		421'765	€/anno
Manutenzione	7%	29'524	€/anno
IVA	22%	99'283	€/anno
Costo annuo	B	550'572	€/anno

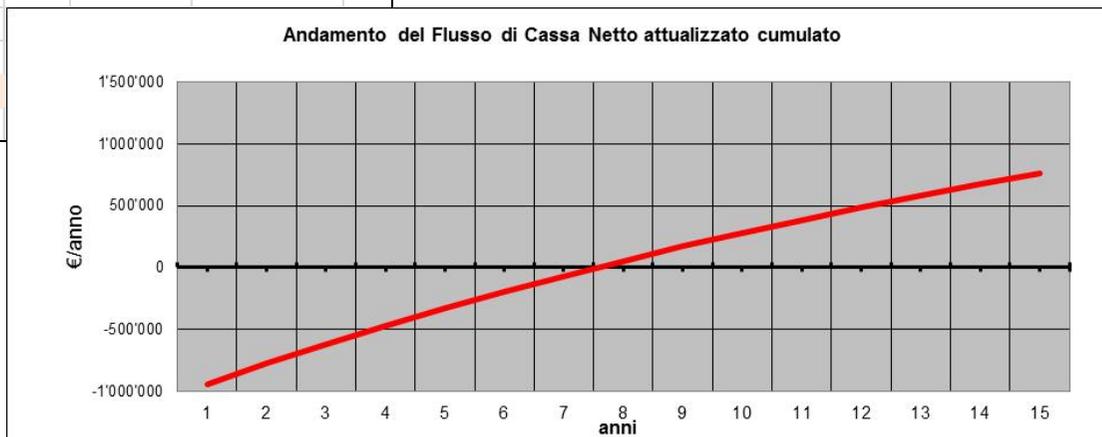
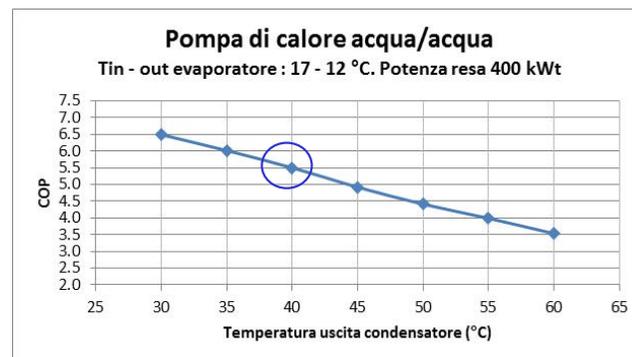
COP eff. 4.9

MOL € 180'508

VAN € 762'063

TIR 10.5%

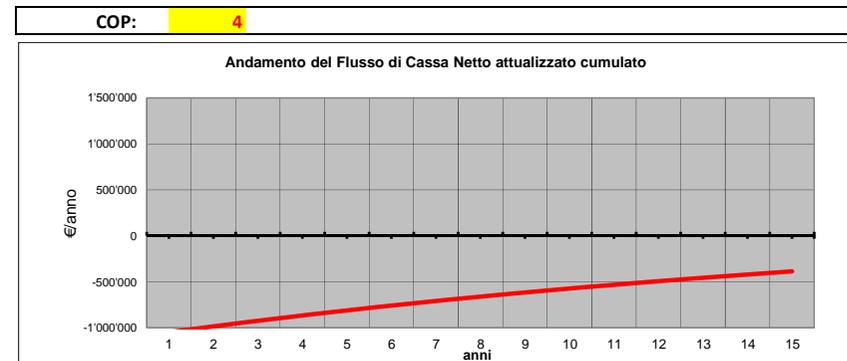
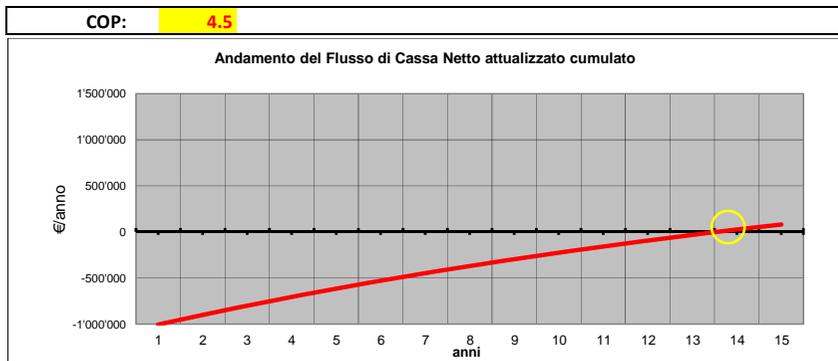
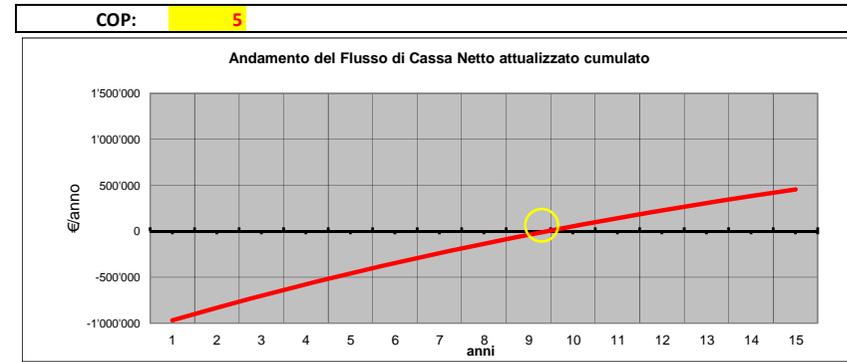
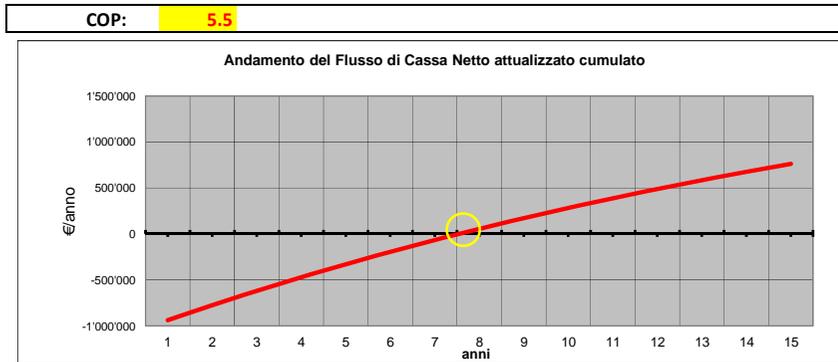
al netto di C.B.





Caso di studio – Analisi di sensitività COP /

Payback Period



Conclusione: COP = 5 è il limite minimo per la fattibilità.



Caso di studio – Bilancio delle emissioni evitate di NOx e

CO2

Riduzione delle emissioni di NOx			
Riferimento: Caldaia a metano Classe 4 stelle			
Potenza	nd	kWt	
emissione specifica NOx	200	mg/kWh	
Emissioni su base annua			
Fabbisogno annuo		7'171'078	kWh/anno
Consumo gas	0.92	803'765	Smc di gas
Pari a NOx emessa		1'434 kg/anno	
<i>Corrispondente al</i>	<i>0.15%</i>	<i>del totale emissioni risc. Milano</i>	
Riduzione delle emissioni di CO2			
1 Smc di gas=	produce	1.95 kg di CO2	
	pari a	55.91 ton/TJ	
Pari a produzione di		1'567 ton/anno CO2	
<i>Corrispondente al</i>	<i>0.04%</i>	<i>del totale emissioni risc. Milano</i>	
Investimento		iva escl.	869'863 €
<i>pari a</i>		607	€/kg/anno di NOx evitata
		555	€/ton/anno di CO2 evitata



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

Grazie per l'attenzione

Ing. Daniele Fraternali
daniele@serviziterritorio.it

Città Metropolitana di Milano. Via Vivaio 1 - 11 Maggio 2017