



## L'IMPIEGO DEI REFRIGERANTI INFIAMMABILI NEL CONTESTO NAZIONALE E COMUNITARIO

### Sponsor



### Con il patrocinio di



INSTITUT INTERNATIONAL DU FROID  
INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION

Webinar, 18 dicembre 2020, ore 14.30

Le limitazioni alle emissioni di gas serra imposte dalle recenti normative internazionali stanno imponendo restrizioni via via più stringenti nell'uso dei tradizionali HFC. La riduzione dell'effetto serra diretto dei refrigeranti passa principalmente attraverso la riduzione della loro vita atmosferica. Questo aspetto comporta nella stragrande maggioranza dei casi l'infiammabilità dei fluidi frigoriferi siano essi naturali o di sintesi. È quindi in corso una intensa attività di ricerca sia per l'individuazione di nuovi refrigeranti, sia per l'individuazione di opportune misure di sicurezza per limitare il rischio conseguente dall'infiammabilità senza penalizzare l'efficienza energetica delle macchine. Il prevedibile impiego su larga scala di refrigeranti infiammabili sta quindi richiedendo un notevole sforzo a livello normativo, di ricerca e progettuale per l'industria del condizionamento dell'aria e della refrigerazione. AiCARR è da tempo attiva sia sul fronte della normativa che della ricerca applicata per un impiego sicuro ed efficiente dei refrigeranti infiammabili.

In questo seminario si presenteranno, a cura del Comitato Tecnico Refrigerazione di AiCARR, le più recenti innovazioni della ricerca su scala internazionale sui nuovi refrigeranti infiammabili (sia A2L che A2 ed A3). Si illustrerà quindi lo stato di avanzamento dei lavori del Comitato Tecnico Sicurezza e Prevenzione Incendi che da tempo collabora con Vigili del Fuoco per l'implementazione e l'armonizzazione di normative sull'impiego dei refrigeranti infiammabili.

Infine si presenteranno considerazioni sull'impatto che l'impiego dei refrigeranti infiammabili ha sulla progettazione degli impianti di condizionamento dell'aria.

### DOWNLOAD PRESENTAZIONI WEBINAR

I partecipanti potranno effettuare gratuitamente il download delle presentazioni dal sito [www.aicarr.org](http://www.aicarr.org) qualche giorno dopo il webinar

### CONTATTI

Segreteria Organizzativa  
AiCARR  
Gabriella Lichinchi  
Tel. 02 67479270  
[info@aicarr.org](mailto:info@aicarr.org)  
[www.aicarr.org](http://www.aicarr.org)

### Partner



**Crediti Formativi richiesti ai fini della formazione continua degli Ingegneri e dei Periti Industriali e Periti Industriali Laureati. L'effettiva assegnazione è subordinata all'approvazione da parte del CNI e del CNPI.**



## CONSULTA INDUSTRIALE



## PROGRAMMA

14.30 Accesso al webinar dei partecipanti

### 14.45 **Saluti di benvenuto e introduzione ai lavori**

Filippo Busato, *Presidente AiCARR*

Didier Coulomb, *Direttore IIR/IIF*

Massimiliano Pierini, *Managing Director, Reed Exhibitions Italia srl, Mostra Convegno Expocomfort*

**Moderatore:** Claudio Zilio, *Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali, Università degli Studi di Padova*

15.00 **Introduzione alla giornata**

### 15.15 **Recenti sviluppi e prospettive future di ricerca nell'impiego di refrigeranti incombustibili**

Claudio Zilio, Giulia Righetti, *Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali, Università degli Studi di Padova*

### 16.00 **Utilizzo di refrigeranti incombustibili e prevenzione incendi**

Michele Mazzaro, *Dirigente Superiore dell'Ufficio Prevenzione Incendi e Rischio Industriale, Roma*

### 16.30 **Implicazioni progettuali negli impianti HVAC**

Remo Giulio Vaudano, *Componente del Consiglio Nazionale degli Ingegneri, Roma*

### 17.00 **TAVOLA ROTONDA**

18.15 **Chiusura dei lavori**

Per partecipare al seminario è necessario iscriversi entro e **non oltre il 16 dicembre 2020** dal sito internet:

[www.aicarr.org](http://www.aicarr.org) nella sezione Eventi - Prossimi Convegni

L'Ordine degli Ingegneri riconosce n° 3 CFP

Il CNPI - Consiglio Nazionale dei Periti Industriali - riconosce n° 3 CFP.

#### QUOTE DI ISCRIZIONE

- Soci AiCARR: gratuito anche con la richiesta di crediti
- Partecipanti NON Soci che non richiedono i crediti: gratuito
- Partecipanti Ingegneri NON Soci che richiedono i crediti: € 50,00 iva inclusa

*Attività di formazione che rientra tra i costi deducibili nella misura del 50% per i redditi dei liberi professionisti (art. 54.5 del DPR 22.12.1986 N. 917 e successive modifiche).*



# L'IMPIEGO DEI REFRIGERANTI INFIAMMABILI NEL CONTESTO NAZIONALE E COMUNITARIO

Webinar, 18 dicembre 2020

 **AICARR**  
Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente



## Recenti sviluppi e prospettive di ricerca nell'impiego di refrigeranti infiammabili

Claudio Zilio e Giulia Righetti  
Dip. di Tecnica e Gestione dei sistemi industriali  
Università degli Studi di Padova

 **AICARR**  
Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente



## Sommario

- 🔥 Restrizioni legate alla normativa F-gas
- 🔥 Classificazione di sicurezza secondo ASHRAE
- 🔥 Screening termodinamico di possibili fluidi frigorigeni puri a basso GWP
- 🔥 Screening termodinamico di possibili miscele frigorigene a basso GWP
- 🔥 La posizione della UE: aggiornamento su climatizzatori split
- 🔥 Caso di studio: il progetto europeo LIFE ZeroGWP



## F-gas: regolamento UE n. 517/14

<b>Prodotti e impianti</b>	<b>GWP</b>	<b>Data (1 Gennaio)</b>
Frigoriferi domestici e congelatori contenenti HFC	≥ 150	2015
Frigoriferi e congelatori per uso commerciale (apparecchiature ermeticamente sigillate) che contengono HFC	≥ 2500 ≥ 150	2020 2022
Apparecchiature fisse di refrigerazione contenenti HFC o il cui funzionamento dipende dai suddetti HFC a eccezione delle apparecchiature concepite per raffreddare prodotti a temperature inferiori a -50 °C	≥ 2500	2020
Sistemi di refrigerazione centralizzati multipack per uso commerciale di potenza frigorifera nominale pari o superiore a 40 kW contenenti o il cui funzionamento dipende da gas fluorurati a effetto serra tranne nel circuito refrigerante primario di sistemi a cascata in cui possono essere usati gas fluorurati a effetto serra	≥ 150 < 1500	2022
Apparecchiature mobili di climatizzazione (sistemi ermeticamente sigillati che l'utilizzatore finale può spostare da una stanza all'altra) contenenti HFC	≥ 150	2020
Sistemi di condizionamento d'aria monosplit contenenti meno di 3 chilogrammi di gas fluorurati a effetto serra, che contengono o il cui funzionamento dipende da gas fluorurati a effetto serra	≥ 750	2025



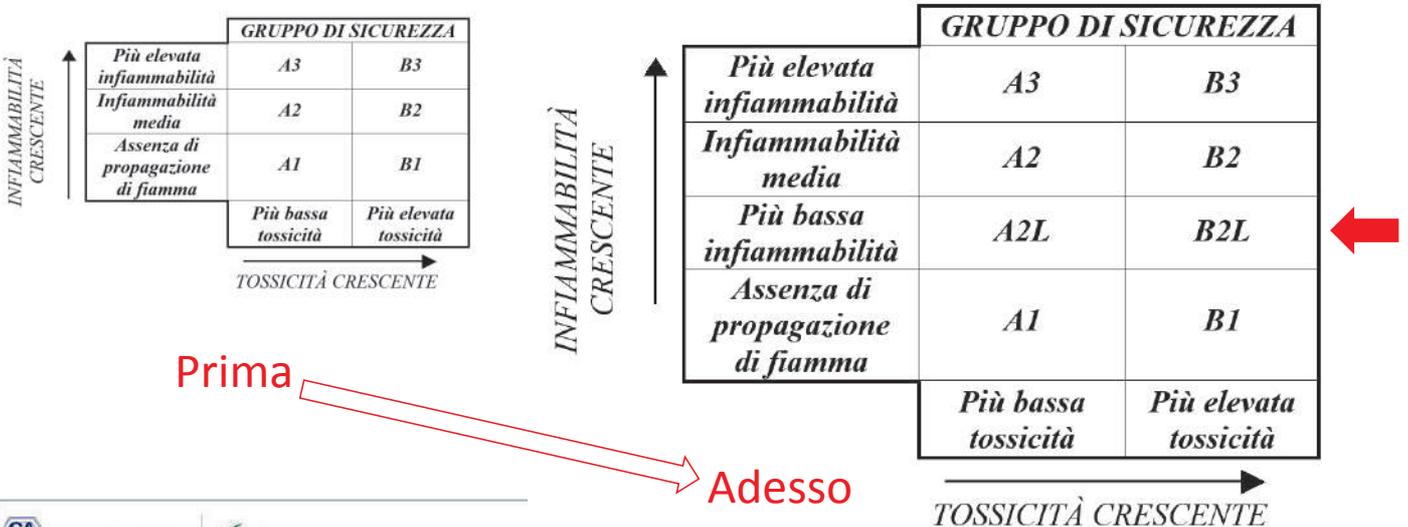
# F-gas

Attenzione: è in fase di revisione... inchiesta pubblica con scadenza al 29 dicembre 2020

<https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12479-Fluorinated-greenhouse-gases-review-of-EU-rules-2015-20-/public-consultation>



## Classificazione di sicurezza secondo ASHRAE Standard 34





## Classe 2 (media infiammabilità)

Ricadono in questa classe i fluidi puri che soddisfano alle tre condizioni seguenti:

🔥 mostrano propagazione di fiamma quando provati a 60 °C e 101,3 kPa (anche per la classe 3);

E

🔥 hanno un Limite Inferiore di Infiammabilità LFL > 0,1 kg/m<sup>3</sup> (pressione atmosferica e 23 °C);

O

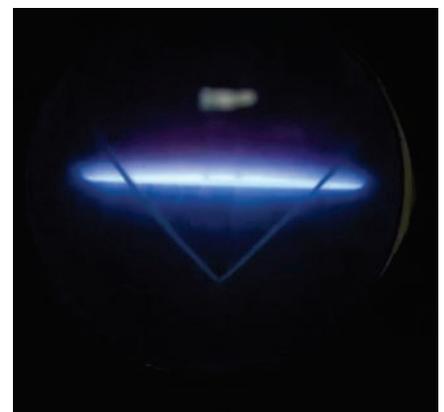
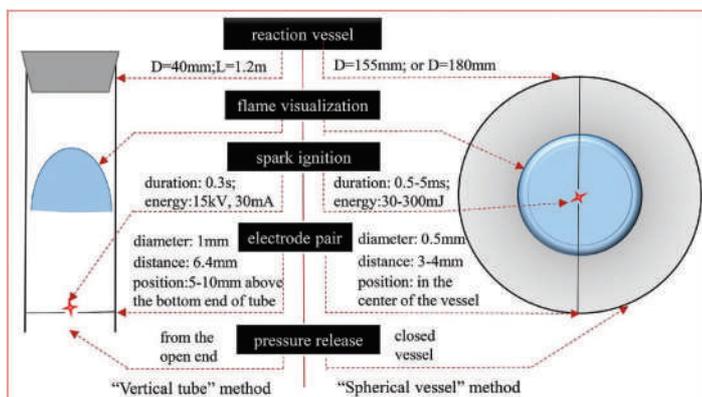
🔥 hanno Calore di Combustione < 19000 kJ/kg.

Per le miscele: si fa riferimento alla concentrazione più infiammabile in caso di frazionamento della miscela (fuga).



## A2L, secondo ASHRAE Standard 34

La distinzione viene fatta sulla velocità di propagazione della fiamma laminare che deve essere inferiore a 10 cm/s





## Altri parametri (no ASHRAE 34)

Limite superiore di infiammabilità (UFL)

🔥 Limite superiore di infiammabilità (UFL)

🔥 Range (o finestra di infiammabilità: UFL-LFL);

🔥 Minimum ignition energy (MIE): energia elettrica minima scaricata da un condensatore elettrico che permette l'accensione in condizioni standard (ASTM-E582-07).

Per le miscele: si fa riferimento alla concentrazione più infiammabile in caso di frazionamento della miscela (fuga).



## Valori per alcuni refrigeranti infiammabili

Proprietà	R-290	R-32	R-717	R-1234yf
LFL (conc. in massa in aria) $\text{kg m}^{-3}$	0.038	0.307	0.105	0.289
LFL (% in volume in aria)	2.2	14.4	15	6.2
UFL (% in volume in aria)	10	29.3	28	12.3
Range infiammabilità (UFL-LFL)	7.8	14.9	13	5.8
Potere calorifico ( $\text{kJ kg}^{-1}$ )	46300	9500	18600	10700
MIE (mJ)	0.25	30 - 100	100 - 300	5000 - 10000
Velocità fiamma (cm/s)	46	6.7	7.2	1.5



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



# Screening termodinamico fatto da NIST



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



# Screening di fluidi a basso GWP

Fluidi individuati nel database PubChem database (U.S. NIH)

- 100,000,000 composti chimici

			H 1.008
C 12.011	N 14.007	O 15.999	F 18.998
		S 32.065	Cl 35.453
			Br 79.904

- Selezione ristretta a molecole con
  - ✓ 15 o meno atomi
  - ✓ solo atomi di C, H, N, O, S, F, Cl, Br [Midgley, 1937]



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Filtri applicati

ELENCO INIZIALE: 56,203 COMPOSTI

	Fluidi rimanenti
<b>GWP &lt; 200</b>	52,265
<b>Screening di tossicità</b>	30,135
<b>Infiammabilità: LFL &gt; 0.1 kg/m<sup>3</sup></b>	20,277
<b>Temperatura critica: 300 K &lt; T<sub>crit</sub> &lt; 550 K</b>	1,728
<b>Stabilità: eliminazione di gruppi problematici (e.g., perossidi, 3-anelli)</b>	<b>1,234</b>
<b>Compromesso accettabile tra COP e Q<sub>vol</sub> (alta P<sub>crit</sub> – basso c<sub>p</sub><sup>0</sup>)</b>	62



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## GRUPPI CHIMICI DEI FLUIDI SELEZIONATI

- **HFCs** (idro-fluoro-carburi)
  - familiari; molti in classe A1 ASHRAE; elevato GWP
- **HCs** (idro-carburi)
  - infiammabili, classe A3 ASHRAE
- **NH<sub>3</sub>** (ammoniaca)
  - eccellenti proprietà termodinamiche
  - ASHRAE B2L
- **CO<sub>2</sub>** (anidride carbonica)
  - ASHRAE A1
  - Elevate pressioni operative, ciclo ipercritico
- **HFOs** (idro-fluoro-olefine & composti correlati)
  - nuovi, non completamente caratterizzati
  - attualmente alcuni commercializzati
  - altri noti in altre applicazioni (e.g., polimeri)



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Fluidi puri più promettenti (possibili sostituti di R410A e R404A)

Fluid ASHRAE	GWP	LFL (kg m <sup>-3</sup> )	NBP (°C)	MM (kg/kmol)	T <sub>crit</sub> (°C)	P <sub>crit</sub> (kPa)
<b>IDROFLUOROCARBURI (HFC)</b>						
R41	116	0,099	-78,3	34,03	44.13	5897,0
R32	677	0,307	-51,65	52,02	78.11	5782,0
R161	4	0,062	-37,55	48,06	102.1	5010,0
R152a	138	0,13	-24,02	66,05	113.26	4516,8

NBP Punto di Ebollizione Normale      P<sub>crit</sub> Pressione Critica  
 MM Massa Molecolare                      GWP Greenhouse Warming Potential  
 T<sub>crit</sub> Temperatura Critica                  LFL Lower Flammability Limit

In ROSSO i fluidi di classe 3 di infiammabilità



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Fluidi puri più promettenti (possibili sostituti di R410A e R404A)

Fluid ASHRAE	GWP	LFL (kg m <sup>-3</sup> )	NBP (°C)	MM (kg/kmol)	Tcrit (°C)	Pcrit (kPa)
<b>IDROFLUOROOLEFINE (HFO)</b>						
R1123	3	0,214	-51,89	82	58,55	4546
R1141	<1	0,064	-42,41	46,04	54,05	5162,23
R1132(E)	1	0,124	-35,66	64,03	97,36	5089,35
R1234yf	<1	0,289	-29,45	114,04	94,7	3382,2
R1243zf	0,82	0,144	-25,45	96,05	103,78	3517,1
R1234ye(E)	2,3	0,193	-20,76	114,04	109,51	3731,09
R1234ze(E)	6	0,212	-18,97	114,04	109,36	3634,9
R1225ye(Z)	2,9	0,296	-17,71	132,03	110,82	3407,14
R1132(Z)	1	0,124	-13,66	64,03	132,62	5221,43
R1225ye(E)	2,9	0,296	-13,26	164,03	117,68	3423,28
R1234ze(Z)	1,4	0,211	9,75	114,04	150,12	3533
R1233zd(E)	<1	-	18,26	130,5	166,45	3623,7

In ROSSO i fluidi di classe 3 di infiammabilità

In GRIGIO fluidi a NBP relativamente alto



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Fluidi puri più promettenti (possibili sostituti di R410A e R404A)

Fluid ASHRAE	GWP (100 anni)	LFL (kg m <sup>-3</sup> )	PEN (°C)	MM (kg kmol <sup>-1</sup> )	T <sub>crit</sub> (°C)	P <sub>crit</sub> (kPa)
<b>REFRIGERANTI NATURALI</b>						
R744 (CO <sub>2</sub> )	1	n.a.	-78,4	44,01	30,98	7377,3
R717 (NH <sub>3</sub> )	<1	0,105	-33,3	17,03	132,25	11333,0
<b>IDROCARBURI (HC)</b>						
R1270	1	0,043	-47,62	42,08	91,06	4555,0
R290	9	0,038	-42,11	44,10	96,74	4251,2
R600a	3	0,043	-11,75	58,12	134,66	3629,0
<b>ETERI</b>						
RE170	0,3	0,064	-24,78	46,07	127,23	5336,8
RE143a	523	0,35	-23,58	100,04	104,77	3635,0

In ROSSO i fluidi  
di classe 3 di  
infiammabilità



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Riferimenti bibliografici

Domanski, P.A., Brown, J.S., Heo, J., Wojtusiak, J., McLinden, M.O.  
A THERMODYNAMIC ANALYSIS OF REFRIGERANTS: PERFORMANCE LIMITS OF  
THE VAPOR COMPRESSION CYCLE  
*International Journal of Refrigeration*, 38, 71-79 (2014).

McLinden, M.O., Kazakov, A.F., Brown, J.S., Domanski, P.A.  
A THERMODYNAMIC ANALYSIS OF REFRIGERANTS: POSSIBILITIES AND  
TRADEOFFS FOR LOW-GWP REFRIGERANTS  
*International Journal of Refrigeration*, 38, 80-92 (2014).

McLinden, M.O., Brown, J.S., Brignoli, R., Kazakov, A.F., Domanski, P.A.  
LIMITED OPTIONS FOR LOW-GLOBAL-WARMING-POTENTIAL REFRIGERANTS  
*Nature Communications*, 8:14476 (2017).



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Miscela più promettenti (possibili sostituti di R410A)

Refrigerant designation	Composition	By mass	GWP	Class (ASHRAE)	T <sub>glide</sub> (K)	$\frac{COP}{COP_{R410A}}$	$\frac{Q_{ev}}{Q_{ev,R410A}}$
R446A	R32/R600/R1234ze(E)	68/3/29	470	A2L	4.6	0.99	0.83
R447A	R32/R125/R1234ze (E)	68/3.5/28.5	583	A2L	4.2	0.99	0.84
R447B	R32/R125/R1234ze (E)	68/8/24	710	A2L	3.6	0.99	0.87
R452B	R32/R125/R1234yf	67/7/26	677	A2L	1.1	1.01	0.95
HPR2A	R32/R134a/R1234ze (E)	76/6/18	600	A2L	3.1	1.00	0.90
HPR1D	R32/R744/R1234ze (E)	60/6/34	405	A2L	10.7	0.54	0.47
L41a	R32/R1234yf/R1234ze (E)	73/15/12	513	A2L	2.1	1.01	0.93
ARM-70A	R32/R1234yf/R134a	50/40/10	480	A2L	3.6	0.99	0.80
R459A	R32/R1234yf/R1234ze (E)	68/26/6	460	A2L	1.9	1.01	0.92
R457A	R32/R1234yf/R152a	18/70/12	139	A2L	6.8	0.81	0.44
ARM-20B	R32/R1234yf/R152a	35/55/10	251	A2L	5.9	0.91	0.61
R463A	R744/R32/R125/R1234yf/R134a	6/36/30/14/14	1377	A1	10	0.68	0.61
R466A	R32/R125/R131I	49/11.5/39.5	696	A1	0.1	1.01	1.07
D2Y60	R32/R1234yf	40/60	271	A2L	4.7	0.98	0.73
R454B	R32/R1234yf	68.9/31.1	466	A2L	1.3	1.01	0.94
DR-5	R32/R1234yf	72.5/27.5	490	A2L	1.1	1.01	0.96

Yu B., Ouyang H., Shi J., Liu W., Chen J., Evaluation of low-GWP and mildly flammable mixtures as new alternatives for R410A in air-conditioning and heat pump system, Int. J. of Refrigeration, 121, (2021), 95-104



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Miscela più promettenti (possibili sostituti di R410A)

Gli Autori hanno cercato di estendere l'analisi partendo dai fluidi puri selezionati dallo screening termodinamico del NIST (con in più R131I) per formare miscele fino a 5 componenti, imponendo che:

- ✓  $GWP_{100} \leq 150$
- ✓ Nessuna tossicità
- ✓ Glide di temperatura < 10 K
- 🔥 Non infiammabili o al più A2L
- ✓ Effetto frigorifero volumetrico pari almeno al 90% di quello di R410A
- ✓ COP pari almeno al 90 % di quello di R410A (in un ciclo standard a semplice compressione di vapore, con condensazione a +40°C ed evaporazione a -20 °C o +5°C, 5 K sottoraffreddamento del condensato e 5 o 10 K di surriscaldamento in aspirazione)

### 34 miscele selezionate, tutte A2L (contenenti prevalentemente R1123, R32, R131I)

Yu B., Ouyang H., Shi J., Liu W., Chen J., Evaluation of low-GWP and mildly flammable mixtures as new alternatives for R410A in air-conditioning and heat pump system, Int. J. of Refrigeration, 121, (2021), 95-104



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Climatizzatori split e fluidi infiammabili

Report della European Commission Settembre 2020

*“The availability of refrigerants for new split air conditioning systems that can replace fluorinated greenhouse gases or result in a lower climate impact”*

F-gas Articolo 21(4): *“Entro il 1° luglio 2020 la Commissione pubblica una relazione di valutazione sull'esistenza di alternative economiche, tecnicamente praticabili, efficienti sotto il profilo energetico e affidabili, che rendano possibile la sostituzione dei gas fluorurati a effetto serra ... nei nuovi piccoli sistemi di condizionamento d'aria monosplit”*



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Climatizzatori split e fluidi infiammabili

Report 6637 della European Commission, 30 Settembre 2020

*“The availability of refrigerants for new split air conditioning systems that can replace fluorinated greenhouse gases or result in a lower climate impact”*

F-gas Articolo 21(4): *“Entro il 1° luglio 2020 la Commissione pubblica una relazione di valutazione sull'esistenza di alternative economiche, tecnicamente praticabili, efficienti sotto il profilo energetico e affidabili, che rendano possibile la sostituzione dei gas fluorurati a effetto serra ... nei nuovi piccoli sistemi di condizionamento d'aria monosplit”*



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Report 6637 della European Commission, 30 Settembre 2020

Il report, oltre ai piccoli sistemi monosplit con carica minore a 3 kg, è stato esteso anche:

- ✓ Monosplit con carica oltre i 3 kg;
- ✓ Multisplit

Sono esclusi i rooftop canalizzati perché considerati «rari» in UE

Sono esclusi i VRF

Solo macchine nuove (non si considera il drop-in)



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova

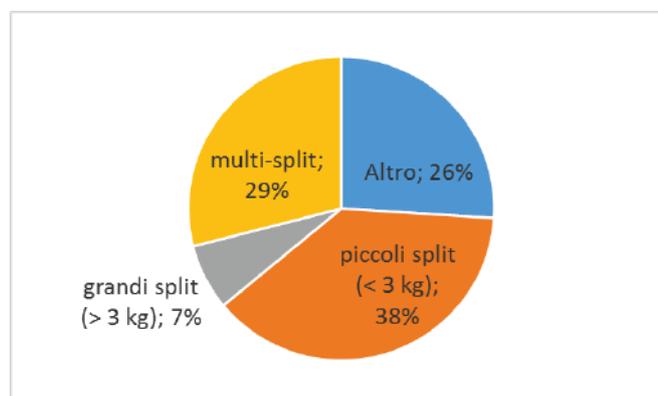


GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Report 6637 della European Commission, 30 Settembre 2020

Nel 2019, la carica di F-gas nei sistemi split ha rappresentato il 74% di tutti gli F-gas importati in UE (in termini di CO<sub>2</sub> equivalente) pre-caricati nelle macchine



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



## Report 6637 della European Commission, 30 Settembre 2020

Vengono individuati i seguenti fluidi come principali alternative a basso GWP per le categorie predette di macchine:

Toxicity levels	A: lower toxicity	B: higher toxicity <sup>10</sup>
<b>Flammability levels</b>		
<b>1: non flammable</b>	<i>A1</i> : R466A <sup>11</sup> (HFCs and CF <sub>3</sub> I mixture <sup>12</sup> GWP 733)	None
<b>2L: lower flammability</b>	<i>A2L</i> : R32 (HFC32, GWP 675) R452B (HFC mixture, GWP 698)	None
<b>2: flammable</b>	<i>A2</i> : R152a (HFC152a, GWP 140)	None
<b>3: higher flammability</b>	<i>A3</i> : R290 (propane) not an F-gas, GWP 3 R1270 (propylene) not an F-gas GWP 2	None



## Report 6637 della European Commission, 30 Settembre 2020

Vengono individuati i seguenti fluidi come ulteriori alternative a basso GWP per le categorie predette di macchine:

R161, R454B, R454C, R448B, R447A, miscele contenenti R1123, R1132a, R131I



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Report 6637 della European Commission, 30 Settembre 2020

Nel report, si ricorda (facendo seguito ad un precedente documento del 2016) che «**standards** (at international, European and national level) regarding the use of flammable refrigerants **appear to be an important barrier** to the uptake of climate-friendly alternatives to HFCs.»

Si ribadisce che “Given the **technical readiness and available production capacity**, the EU market entry seems to **have been delayed** mostly as a result of standards and codes restricting **the use of A3 refrigerants unnecessarily**, which underlines the **urgency of updating standards and codes** so that the relevant equipment can be used where it is safe to do so.”



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Report 6637 della European Commission, 30 Settembre 2020

- 🔥 Mandate request (M/555 del 14.11.2017) per arrivare ad uno standard europeo sull'uso dei refrigeranti infiammabili entro febbraio 2021.
- 🔥 Si citano i lavori in corso su IEC 60335-2-40 per arrivare al limite di 1 kg per R290 e nell'ambito dei working group della EN 378.
- 🔥 Si cita un report del progetto LIFEFRONT con raccomandazioni su come incrementare in maniera sicura la carica di refrigeranti A3 (partners del progetto: Shecco (coordinatore), Ecostandards, Heat (Germany), NIBE (Svezia), AIT-DEUTSCHLAND, AHT (Austria)).
- 🔥 Si ricorda che l'industria europea ha enfatizzato l'importanza della formazione degli installatori e dei manutentori.



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Alcune considerazioni

- Non esiste il fluido refrigerante «ideale» per tutte le applicazioni
- È altamente probabile che il futuro dei frigoriferi in molte applicazioni sia della refrigerazione che del condizionamento dell'aria sia con fluidi infiammabili.
- R32 «sopravvivrà» alle quote di riduzione di emissioni di gas serra secondo il protocollo di Kyoto?
- Una o più delle miscele contenenti HFO sarà in grado di soddisfare le esigenze di alcuni settori della refrigerazione e del condizionamento dell'aria?
- R290 è un frigorifero dalle ottime caratteristiche termodinamiche e di scambio termico. Già largamente utilizzato nella refrigerazione, con esperienze sempre crescenti nei frigoriferi d'acqua e nei sistemi ad espansione diretta (India, Cina,...)
- Si ricorda che l'industria europea ha enfatizzato l'importanza della formazione degli installatori e dei manutentori: e i progettisti?



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Alcune considerazioni

C'è una lunga tradizione e profonda esperienza nella progettazione, manutenzione, conduzione di impianti contenenti ammoniaca, idrocarburi nel settore industriale o per macchine con accesso limitato ai tecnici, o in macchine con circuito sigillato precaricate.



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Alcune considerazioni

Siamo pronti per una diffusione su larga scala di macchine con contenuto non trascurabile di fluido A3 a diretto contatto con l'utente?



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova

**CO<sub>2</sub> LIFE Climate Change Mitigation project application:**

**The first double duct residential air conditioner with near-to-zero Global Warming Potential natural refrigerant**



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## OUTLINE

- introduzione del progetto
- perché il propano?
- dimensionamento della macchina a R290
- analisi sperimentale e numerica di eventuali fughe di propano
- un case-study di un retrofit di impianto
- conclusioni



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## OUTLINE

- introduzione del progetto



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## PROJECT PARTNERS



Project Coordinator



Demonstrator Partner

STUDIO FIESCHI  
& SOCI

LCA expert



Scientific Partner



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova

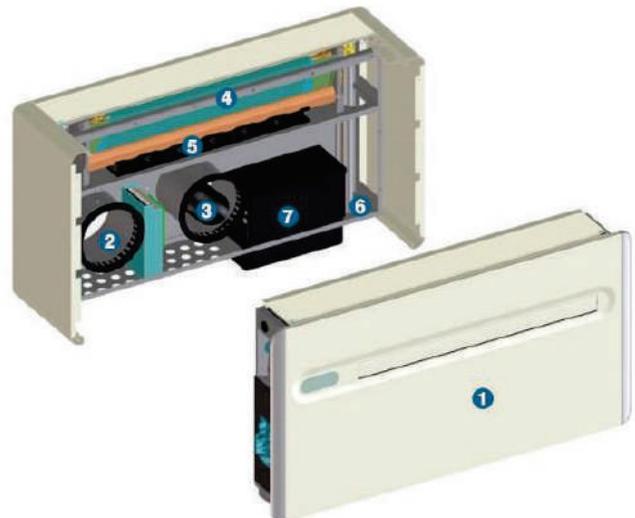


GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## OBIETTIVO di ZERO-GWP

Realizzare un climatizzatore residenziale di tipo double-duct funzionante con un refrigerante naturale a bassissimo impatto ambientale che ha le stesse prestazioni frigorifere e che massimizza il COP (EER)



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## PERCHE' DOUBLE-DUCT?



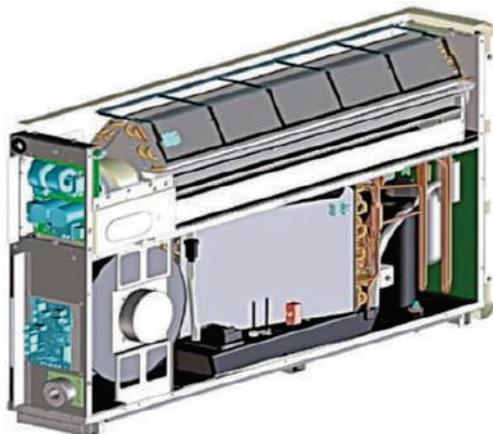
Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## PERCHE' DOUBLE-DUCT?



Design of ZEROGWP double duct air conditioner



Picture of the first prototype system



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## OUTLINE

- introduzione del progetto
- perché il propano?



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## PERCHE' IL PROPANO?

Fluid	$p_{\text{evap}}$ [ $10^5$ Pa]	Calore latente [kJ/kg]	VCC [kJ m <sup>-3</sup> ]	COP** [-]
R600a	2.21	345	1402	3.95
R290	6.36	360	3426	3.8
R1270	7.8	362	4141	3.76
<b>R410A</b>	<b>10.8</b>	<b>209</b>	<b>5812</b>	<b>3.52</b>

$T_{\text{sat}} = 10^\circ\text{C}$

**\*Specifiche del ciclo ideale considerato:**

$T_{\text{cond}} = 50^\circ\text{C}$

$((T_{\text{cond,d}} + T_{\text{cond,b}})/2)$ ; no sottoraffreddamento; no surriscaldamento  
Rendimento isoentropico di compressione  $\rightarrow 70\%$ .



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## PERCHE' IL PROPANO?

t=10°C	p	$r_{lv}$	$\rho_l$	$k_l$
	[kPa]	[kJ/kg]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[mW/m K]
R290	636.6	360.3	515	100.93
R410A	1084.8	208.5	1128	97.54

**Calore latente  $r$**  → A pari potenza frigorifera: portata di refrigerante inferiore

**Densità del liquido  $\rho$**  → a parità di volume dell'impianto, carica complessiva di refrigerante inferiore

**Conducibilità termica del liquido  $k$**  → favorevole per incrementare il coefficiente di scambio in condensazione



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## OUTLINE

- introduzione del progetto
- perché il propano?
- dimensionamento della macchina a R290



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## OBIETTIVO di ZERO-GWP

Criterio di progettazione: mantenere l'unità R290 il più vicino possibile a quella esistente a R410A.

Ingombri esterni, ventilatori, canalizzazioni dell'aria, dimensioni complessive degli scambiatori di calore mantenuti inalterati.

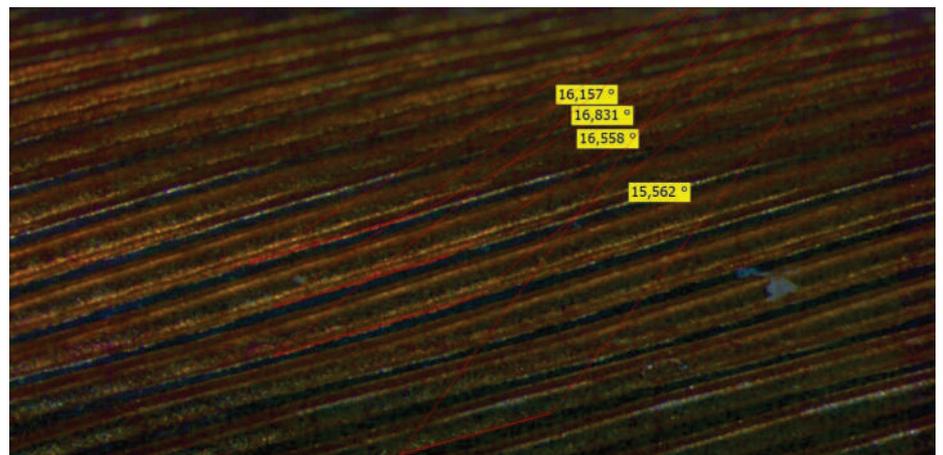
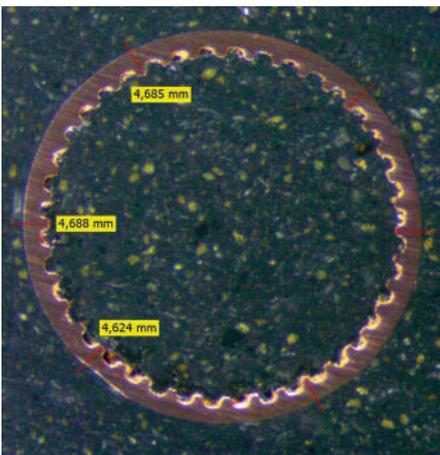
Al fine di ridurre la quantità di R290, sono stati scelti tubi microfin in rame con diametro esterno nominale di 5 mm (anziché diametro esterno 7 mm, utilizzati per R410A).



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



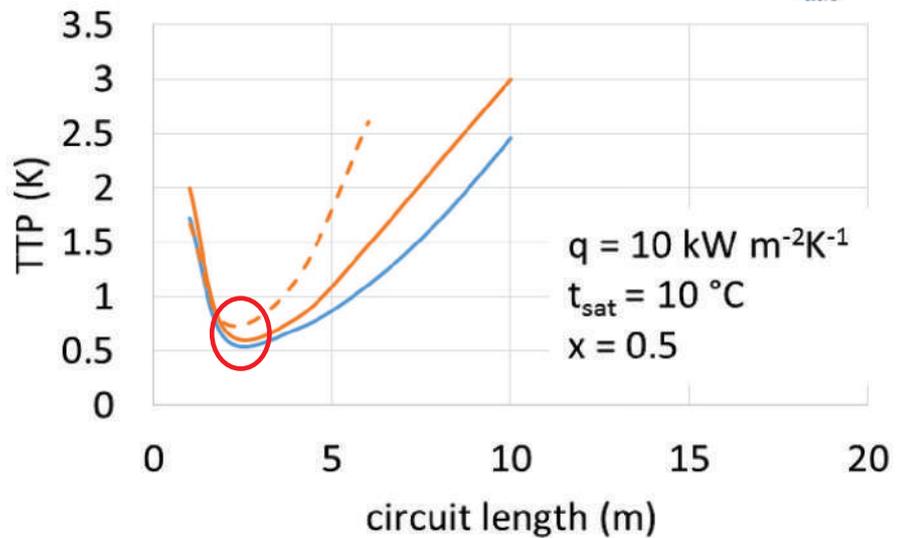
Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Scelta della lunghezza dei circuiti in base all'ottimizzazione del TTP: caso evaporatore



La lunghezza ottimale è quella che minimizza il TTP

— R410A — R290 (7 mm) - - - R290 (5 mm)



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



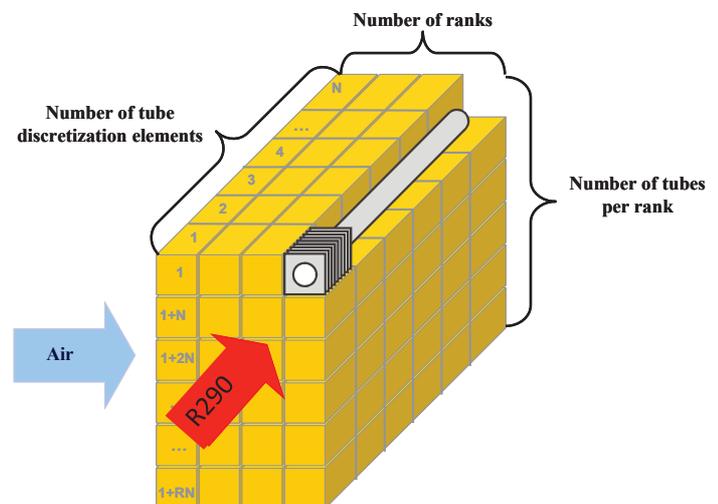
GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Dimensionamento degli scambiatori

Gli scambiatori sono stati discretizzati in una serie di piccoli volumi finiti.

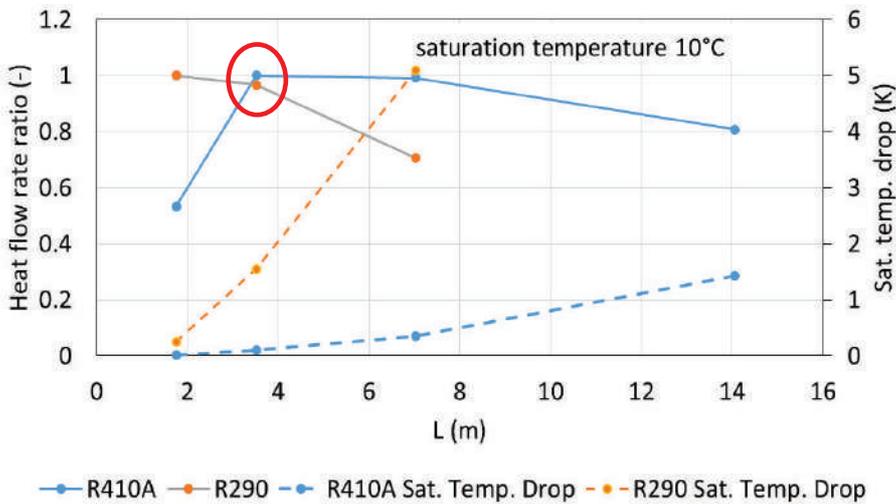
Ciascun elemento è stato considerato come un piccolo scambiatore di calore a flussi incrociati dove le condizioni di uscita del precedente diventano quelle di ingresso del successivo.



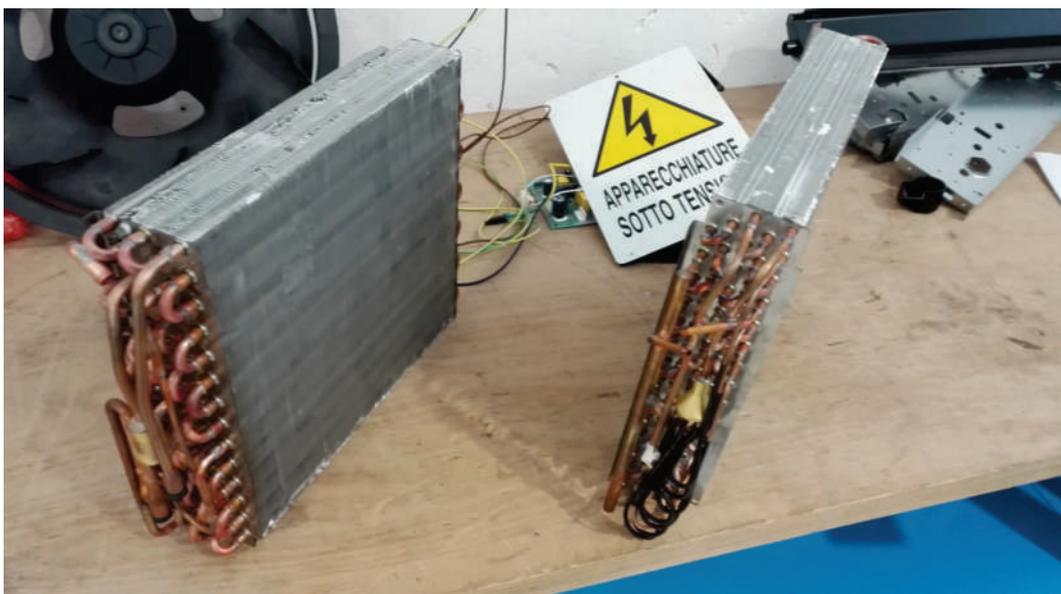
Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



## Ottimizzazione del numero di circuiti



E' stata adottata una configurazione con 4 circuiti  
Lunghezza del singolo circuito pari a circa 4 m





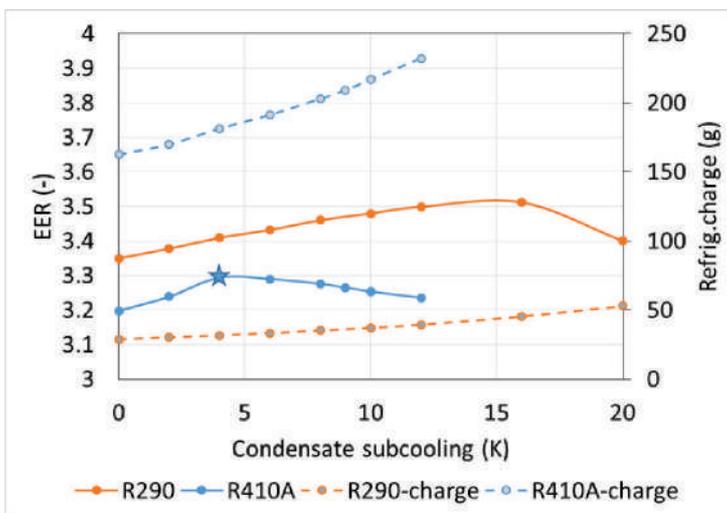
## Simulazione dell'intera macchina

È stata implementata una simulazione dell'intera macchina che considera l'interazione tra gli scambiatori e il compressore, caratterizzato dal valore di efficienza effettiva (misurato sperimentalmente sull'effettivo consumo di energia elettrica)

Il modello è stato validato facendo un confronto con i dati sperimentali di R410A: i valori di EER e di COP sono stati previsti entro il 4%.



## Effetto del sottoraffreddamento sull'EER



Per entrambi i fluidi esiste un sottoraffreddamento ottimale che massimizza l'EER:

circa 4-5 K per R410A

circa 15 K per R290



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Test sperimentali



I test sono stati eseguiti in una doppia camera climatica calibrata secondo le normative EN 14511-2 e EN14511-3



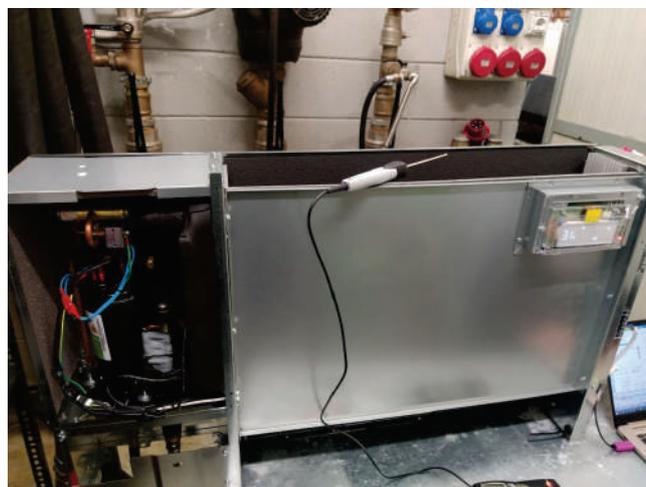
Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Test di collaudo unità a R290



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## OUTLINE

- introduzione del progetto
- perché il propano?
- dimensionamento della macchina a R290
- analisi sperimentale e numerica di eventuali fughe di propano



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Test sperimentali: il caso di fughe

Diverse quantità di propano (150 g, 70 g, 20 g) sono state immesse all'interno di una stanza simulando varie casistiche di fuga.

Ventilatore: ON-OFF

Perdita da: evaporatore, condensatore, etc.

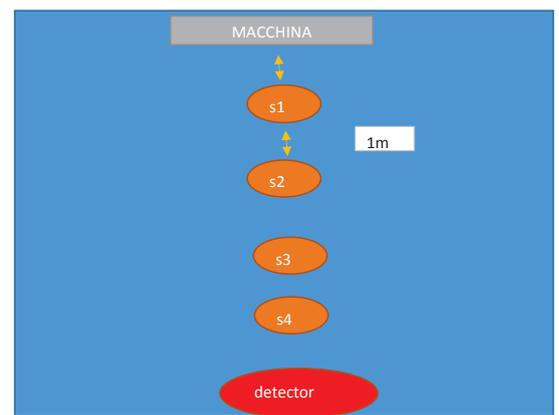
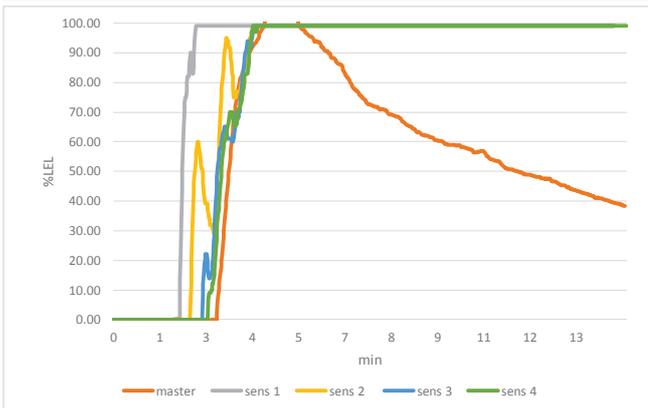
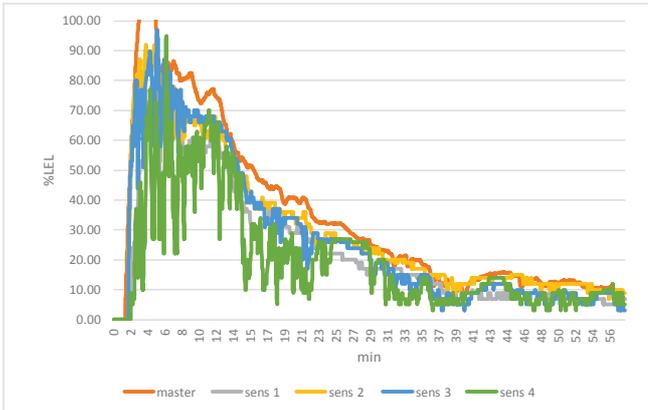




GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova

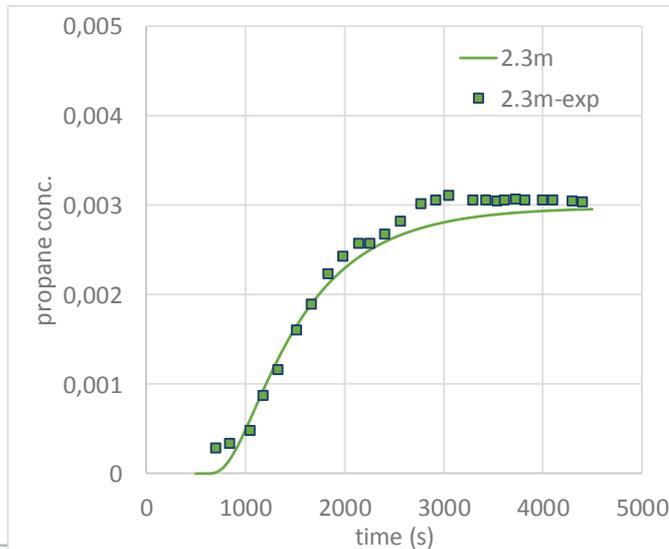




GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## dati sperimentali vs. modello numerico



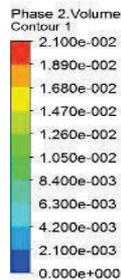
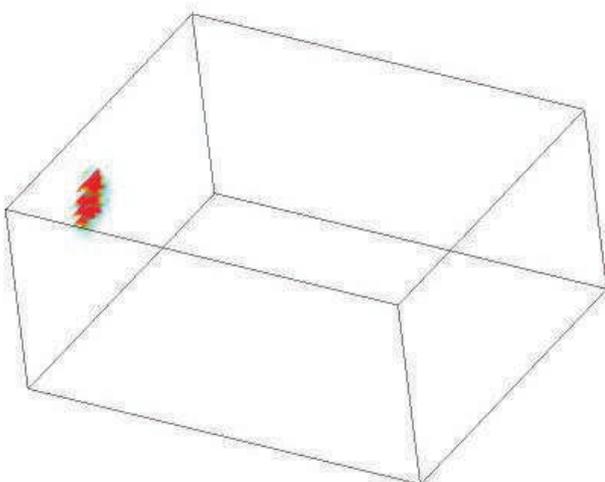
Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Simulazioni numeriche: il caso di fughe

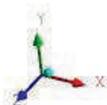


dimensioni stanza:

4.4x5.4x2.3m

Immissione di 150 g di propano  
in 2 min da altezza 1.8 m

Rappresentazione della  
concentrazione volumetrica  
colore rosso: 100% LEL



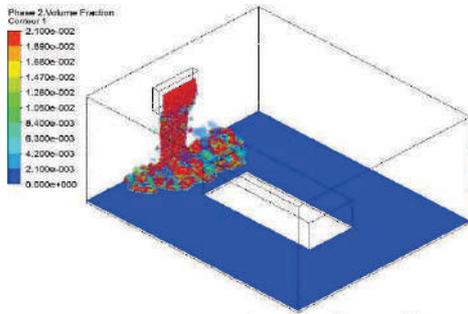
Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



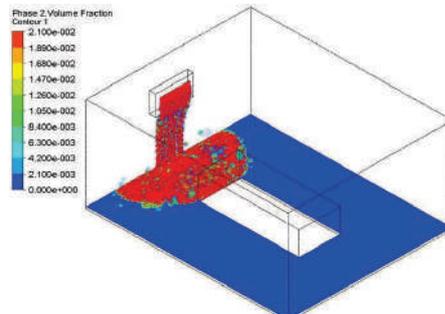
GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



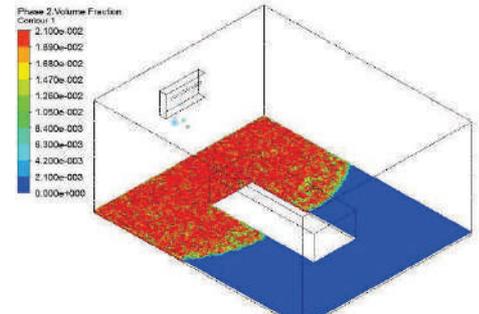
## Caso di ostacoli, diverse condizioni di utilizzo



15 s



1 min



3 min

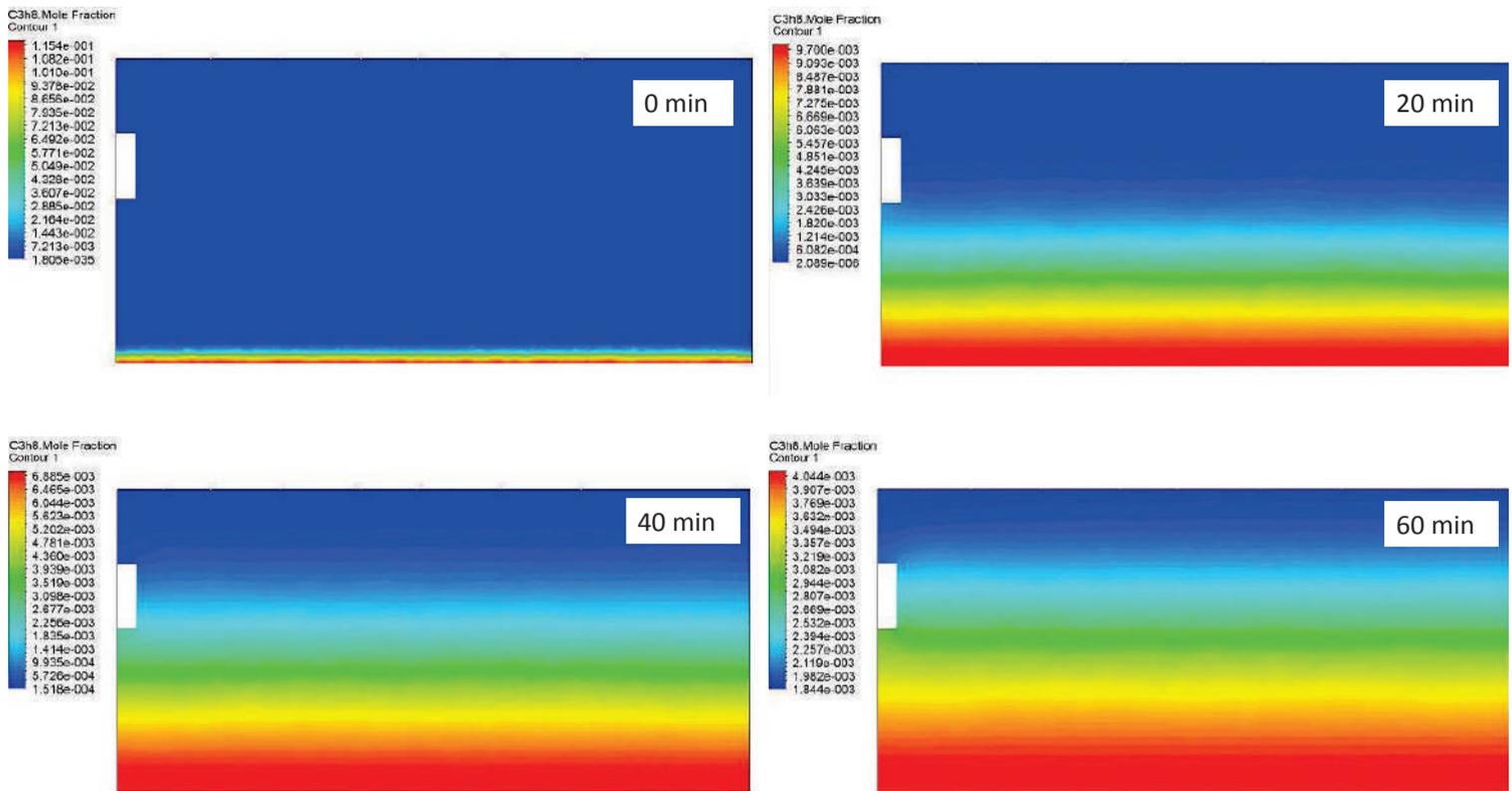


GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Processo di diffusione

In un arco di tempo di alcune decine di minuti il propano, caduto inizialmente sul pavimento per effetto della forza di gravità, inizia a mescolarsi con l'aria ambiente a causa dei meccanismi diffusivi.



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## OUTLINE

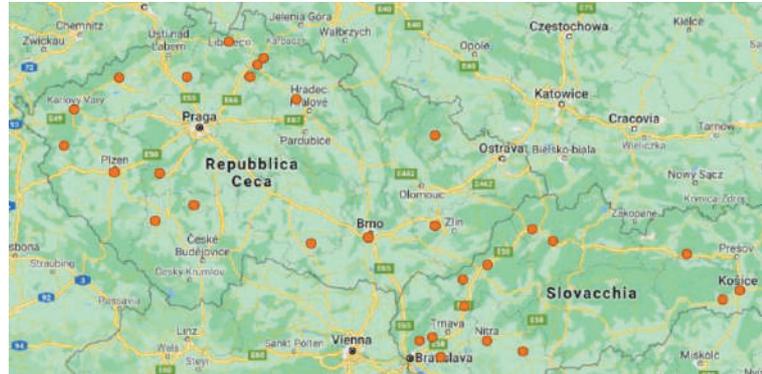
- introduzione del progetto
- perché il propano?
- dimensionamento della macchina a R290
- analisi sperimentale e numerica di eventuali fughe di propano
- un case-study di un retrofit di impianto



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Installazioni sul campo



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Case study: retrofit impianto al Pirellone (MI)

**Retrofit impianto con sostituzione unità terminali ad anello d'acqua con nuove unità con compressore BLDC e gas refrigerante R290.**

Unità esistenti di tipo on-off a R407C, carica 950 g



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



## Case study: retrofit impianto al Pirellone (MI)



Unità nuove ad inverter  
a R290, carica 130 g  
durante l'installazione



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova

		Esistente	R290
Rese unità CLIMATIZZAZIONE (Dati riferiti a T aria ambiente 27°C e umidità 38% - Acqua in 30° - Portata acqua ed aria nominali)			
Potenza frigorifera	kW	3,24	2,7 (0,8-3,2)
Potenza assorbita	kW	0,79	0,56
<b>EER</b>		<b>4,10</b>	<b>4,8</b>
Rese unità RISCALDAMENTO (Dati riferiti a T aria ambiente 20°C e umidità 50% - Acqua in 20° - Portata acqua ed aria nominali)			
Potenza termica	kW	3,98	3,05 (0,9-3,81)
Potenza assorbita	kW	0,95	0,52
<b>COP</b>		<b>4,18</b>	<b>5,8</b>



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## OUTLINE

- introduzione del progetto
- perché il propano?
- dimensionamento della macchina a R290
- analisi sperimentale e numerica di eventuali fughe di propano
- un case-study di un retrofit di impianto
- conclusioni



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Conclusioni

Gli idrocarburi e l'R290 possono essere degli ottimi sostituti a bassissimo indice GWP di R410A ed altri HFC

Nel progetto LIFE ZERO GWP è stato progettata e realizzata una macchina di tipo double duct a R290 che è capace di fornire la stessa potenza frigo di quella esistente a R410A negli stessi ingombri con elevato rendimento



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Conclusioni

Sono stati svolti dei test sperimentali e delle simulazioni numeriche per conoscere e prevedere il comportamento del propano in caso di fughe in varie condizioni operative

Le prime macchine realizzate a R290 stanno già venendo installate...



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## GRAZIE PER L'ATTENZIONE

"Il presente documento è il risultato di una libera e personale interpretazione dell'autore. In nessun caso le idee espresse dall'autore possono essere considerate come parere di AICARR. Le fonti esterne (di immagini, materiali, schemi, idee, ecc.) sono state opportunamente citate, dove note. Immagini e disegni sono tratti nella maggior parte dei casi da Internet e si ricollegano a concetti e definizioni di senso comune. Nel caso che qualche diritto di autore sia stato involontariamente leso, si prega di contattare l'autore della presentazione, al fine di risolvere ogni possibile conflitto."



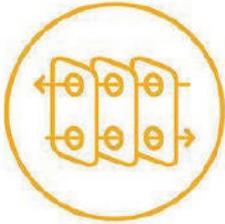
Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



# Importante!



6<sup>th</sup> IIR Conference on Thermophysical Properties and Transfer Processes of Refrigerants

**TPTPR 2021**  
VICENZA - ITALY  
SEPTEMBER 1-3



13<sup>th</sup> IIR Conference on Phase-Change Materials and Slurries for Refrigeration and Air Conditioning

**PCM 2021**  
VICENZA - ITALY  
SEPTEMBER 1-3

[www.gest.unipd.it/TPTPR2021](http://www.gest.unipd.it/TPTPR2021)

[www.gest.unipd.it/PCM2021](http://www.gest.unipd.it/PCM2021)

**Mandate i vostri abstract!**



Claudio Zilio e Giulia Righetti, DTG - Università degli studi di Padova

Scarica la nostra App da  
Apple Store e Google Play

Seguici su

  
Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente

[aicarr.org](http://aicarr.org)

Il presente documento è il risultato di una libera e personale interpretazione dell'autore. In nessun caso le idee espresse dall'autore possono essere considerate come parere di AICARR. Le fonti esterne (di immagini, materiali, schemi, idee, ecc.) sono state opportunamente citate, dove note. Immagini e disegni sono tratti nella maggior parte dei casi da Internet e si ricollegano a concetti e definizioni di senso comune. Nel caso che qualche diritto di autore sia stato involontariamente leso, si prega di contattare l'autore della presentazione, al fine di risolvere ogni possibile conflitto.

# L'IMPIEGO DEI REFRIGERANTI INFIAMMABILI NEL CONTESTO NAZIONALE E COMUNITARIO

Webinar, 18 dicembre 2020

# UTILIZZO DI REFRIGERANTI INFIAMMABILI E PREVENZIONE INCENDI

**ing. Michele Mazzaro Ph.D.**  
Dirigente Ufficio per la prevenzione incendi  
e il rischio industriale



## AGENDA

- **Premessa**
- **Il decreto 10 marzo 2020**
- **La circolare DCPREV 9833 del 22 luglio 2020**
- **Il D.M. 3 agosto 2015 e s.m.i.**
- **Conclusioni e sviluppi futuri**



## Perché usare nuovi refrigeranti?

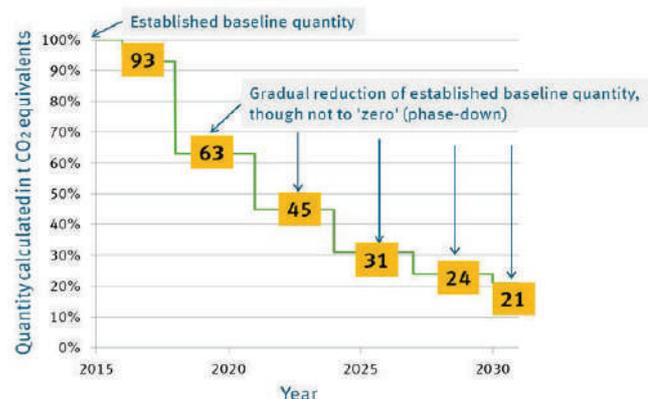
L'uso di gas fluorurati (gas che contengono fluoro F-Gas) è controllato, a livello europeo, dal 2006 (Reg.(CE) n. 842/2006)

Il Regolamento Europeo EU 517/2014, (F-Gas) in vigore dal 1° gennaio 2015, conduce ad una graduale riduzione dei gas ad alto GWP (Global Warming Potential) che avrà luogo nei 15 anni successivi, riducendo il GWP totale del 79% entro il 2030.

Per sostenere questo ambizioso programma è stato introdotto un "sistema di quote" che assegna ad ogni importatore o produttore di refrigeranti una quantità massima di GWP da introdurre nell'UE.



**UTILIZZARE REFRIGERANTI A  
BASSO GWP**



### **Phase-down degli HFC**

Misurato in tonnellate equivalenti di CO<sub>2</sub> – Riduzione del 79% entro il 2030

**Bando degli HFC ad alto GWP nelle nuove apparecchiature**  
GWP>2500

**Bando degli HFC ad alto GWP per service**  
GWP>2500 (dal 2022 per refrigerante nuovo, dal 2030 per refrigerante riciclato)

### **Training e certificazione**

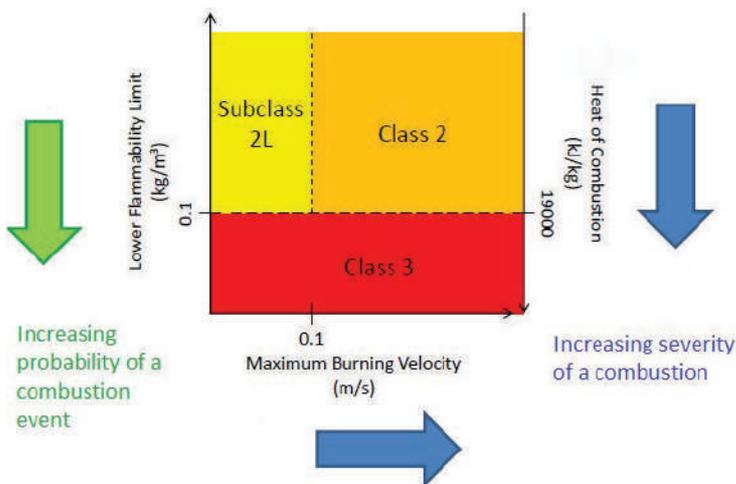
Includere informazioni su alternative agli HFC



## Classificazioni ammesse per i refrigeranti secondo ISO 817 *“Refrigerants – designations and safety classification”*

	Gruppi di sicurezza	
Infiammabilità maggiore	A3	B3
Infiammabilità	A2	B2
Infiammabilità minore	A2L	B2L
Non infiammabilità	A1	B1
	Minore tossicità	Maggiore tossicità

L'infiammabilità di un refrigerante è la sua capacità di bruciare o di accendersi, o incendiarsi, provocando la combustione. Il grado di difficoltà col quale si provoca la combustione di una sostanza è quantificato mediante un “test al fuoco” e dipende da un numero parametri (limiti di infiammabilità, velocità di combustione, calore rilasciato)



## **Nelle regole tecniche di prevenzioni incendi:**

- D.M. 26 agosto 1992 “Norme di prevenzione incendi per l’edilizia scolastica”;
- D.M. 9 aprile 1994 «..alberghi»
- D.M. 19 agosto 1996 “ ...locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo”;
- D.M. 18 settembre 2002 “... strutture sanitarie pubbliche e private”;
- D.M. 22 febbraio 2006 “... edifici e/o locali destinati ad uffici”;
- D.M. 27 luglio 2010 “... attività commerciali con superficie superiore a 400 m<sup>2</sup>”;....

In relazione agli impianti di climatizzazione si riporta la seguente prescrizione:

«l'utilizzo di fluidi frigorigeni non infiammabili o non infiammabili e non tossici»



## MINISTERO DELL'INTERNO

DECRETO 10 marzo 2020.

**Disposizioni di prevenzione incendi per gli impianti di climatizzazione inseriti nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi.**

IL MINISTRO DELL'INTERNO

Visto il decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139, recante «Riassetto delle disposizioni relative alle funzioni ed ai compiti del Corpo nazionale dei vigili del fuoco, a norma dell'art. 11 della legge 29 luglio 2003, n. 229» e successive modificazioni;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151, concernente «Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'art. 49, comma 4-*quater*, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122»;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 16 novembre 2018, n. 146, recante «Regolamento di esecuzione del regolamento (UE) n. 517/2014 sui gas fluorurati a effetto serra e che abroga il regolamento (CE) n. 842/2006»;



Preambolo

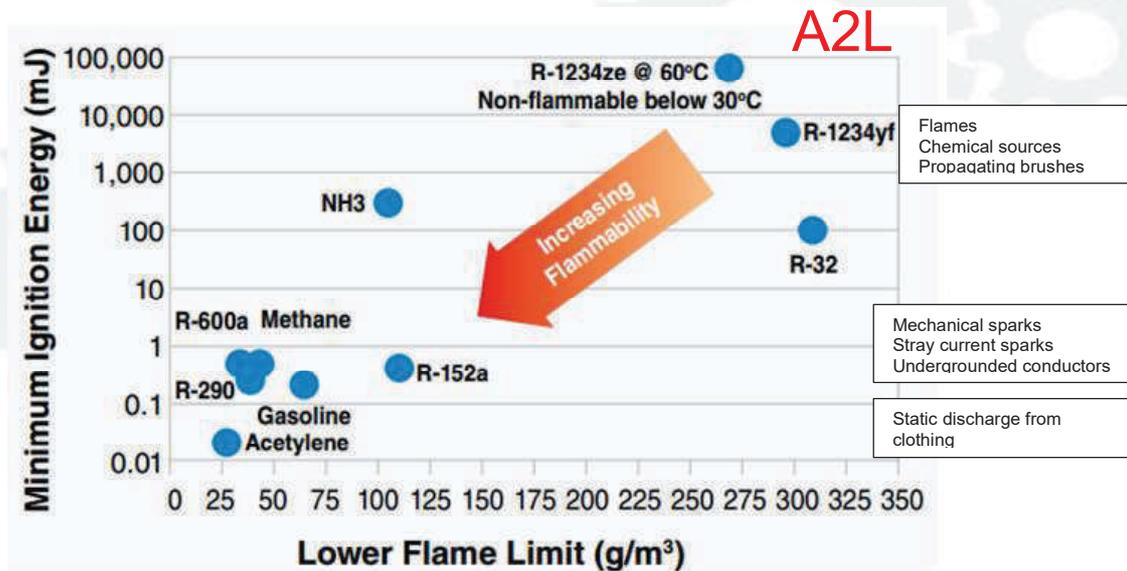
Appurato che le limitazioni delle regole tecniche di prevenzione incendi per la sola possibilità di impiego di fluidi refrigeranti non infiammabili o non infiammabili e non tossici negli impianti di climatizzazione e condizionamento, presenti all'interno delle aree aperte al pubblico, **sono superate dallo sviluppo tecnologico di detti impianti, risultando penalizzanti per soluzioni tecniche maggiormente efficienti dal punto di vista energetico ed a MINORE IMPATTO AMBIENTALE;**

Ai fini dell'applicazione delle disposizioni tecniche di prevenzione incendi, negli impianti di climatizzazione e condizionamento di cui all'art. 1, laddove è prescritto l'utilizzo di fluidi frigorigeni non infiammabili o non infiammabili e non tossici, **è ammesso anche l'impiego di fluidi refrigeranti a minore tossicità non infiammabili, classificati A1 o «blandamente infiammabili» A2L secondo la norma ISO 817**

**A1 o A2L**



## MINIMA ENERGIA DI ACCENSIONE E LIMITI DI INFIAMMABILITÀ INFERIORE PER UN CERTO NUMERO DI REFRIGERANTI.



Per la progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti di climatizzazione si rimanda alla regola dell'arte.

Le norme tecniche, presunzione della regola dell'arte sono condivise a livello EU dalla serie EN 378:

UNI EN 378-1:2017 «Sistemi di refrigerazione e pompe di calore - Requisiti di sicurezza e ambientali - Parte 1: Requisiti di base, definizioni, **critéri di classificazione e selezione**»

UNI EN 378-2:2017 «Sistemi di refrigerazione e pompe di calore - Requisiti di sicurezza e ambientali - Parte 2: **Progettazione, costruzione, prova, marcatura e documentazione**»

UNI EN 378-3:2017 «Sistemi di refrigerazione e pompe di calore - Requisiti di sicurezza e ambientali - Parte 3: **Sito di installazione e protezione delle persone**»

UNI EN 378-4:2017

Titolo : Sistemi di refrigerazione e pompe di calore - Requisiti di sicurezza e ambientali - Parte 4: **Condizione, manutenzione, riparazione e recupero**



In particolare la parte 3 della EN 378 specifica **i requisiti di sicurezza delle persone nei luoghi di installazione di tali impianti**, mentre la parte 4 indica come **progettare la manutenzione** per garantire prestazioni e sicurezza nel tempo.

Il DM precisa che gli impianti di climatizzazione condizionamento sono «**impianti rilevanti ai fini della sicurezza antincendio**», pertanto sarà necessario predisporre, oltre alla documentazione tecnica richiesta dalle norme tecniche volontarie, **anche il libretto di uso e manutenzione, proprio per garantire nel tempo** le prestazioni e la sicurezza degli impianti in argomento.



### **Circolare DCPREV 9833 del 22 luglio 2020**

Il decreto 10 marzo 2020;

- consente la possibilità di utilizzo, negli impianti di climatizzazione e condizionamento, di **macchine equipaggiate con refrigeranti** classificati A1 o A2L, superando così il vincolo di utilizzo di soli fluidi non tossici o non infiammabili;
- ribadisce che la progettazione, l'installazione, l'esercizio e **la manutenzione degli impianti deve essere fatta a regola d'arte**, quindi rispettando le regole e le norme applicabili;
- ribadisce che gli impianti di climatizzazione e condizionamento sono impianti **rilevanti ai fini della sicurezza antincendi**.



## **Circolare DCPREV 9833 del 22 luglio 2020**

La Direzione Centrale VVF chiarisce che, ai sensi del DM 10 marzo 2020, è possibile:

- l'impiego di **fluidi classificati A1 o A2L** e
- installazione sempre nel rispetto dei **requisiti di sicurezza** previsti dalla regola dell'arte (ad esempio: serie delle norme tecniche UNI EN 378), di unità interne contenenti anche questi fluidi (ci si riferisce in particolare agli impianti ad espansione diretta, tra cui anche gli impianti **VRF- Variable Refrigerant Flow**)



## **DCPREV 9833 del 22 luglio 2020: quale documentazione?**

La documentazione tecnica deve comprendere:

- in caso di valutazione del progetto ai fini del rilascio del parere di conformità antincendio, la "**specificata dell'impianto**", con indicazione del fluido utilizzato e delle caratteristiche di installazione delle macchine, dimostrando il soddisfacimento dei requisiti di sicurezza dell'installazione tecnica in conformità alla regola dell'arte applicabile;
- in caso di **segnalazione certificata di inizio attività (SCIA)**, la documentazione prevista al punto 3.2 dell'Allegato II del decreto 7 agosto 2012 (dichiarazione di conformità) comprensiva del manuale di uso e manutenzione da inserire nel fascicolo antincendio dell'attività.



## DCPREV 9833 del 22 luglio 2020: quale documentazione?

### **SPECIFICA DELL'IMPIANTO (DM 20.12.2012 + G.1.14 Codice)**

Deve comprendere:

- **una sintesi dei dati tecnici che descrivono le prestazioni dell'impianto;**
- le caratteristiche dimensionali (portate specifiche, pressioni operative, caratteristica e durata dell'alimentazione, dell'agente estinguente, estensione dettagliata dell'impianto, ecc.);
- **le caratteristiche dei componenti da impiegare nella realizzazione** (tubazioni, erogatori, sensori, riserve di estinguente, ecc.)
- **il richiamo della norma di progetto che si intende applicare;**
- la classificazione del livello di pericolosità, ove previsto;
- lo schema a blocchi dell'impianto da realizzare;
- **l'attestazione dell'idoneità dell'impianto in relazione al pericolo di incendio presente nell'attività.**



## DM 7/8/2012 – Allegato II

### **Allegato II**

**Certificazioni e dichiarazioni a corredo della segnalazione certificata di inizio attività**

**Le certificazioni e le dichiarazioni**, atte a comprovare che gli elementi costruttivi, i prodotti, i materiali, le attrezzature, i dispositivi, **gli impianti ed i componenti d'impianto, rilevanti ai fini della sicurezza in caso d'incendio, sono stati realizzati, installati o posti in opera secondo la regola dell'arte**, in conformità alla vigente normativa in materia di sicurezza antincendio, sono di seguito specificate.

La suddetta documentazione, ove non già definita da specifiche normative, deve essere redatta utilizzando gli appositi modelli definiti dalla Direzione centrale della prevenzione e sicurezza tecnica del Dipartimento dei Vigili del fuoco, del soccorso pubblico e della difesa civile, pubblicati nel sito istituzionale

**<http://www.vigilfuoco.it>**



## **DM 7/8/2012 art. 4: SEGNALAZIONE CERTIFICATA INIZIO ATTIVITÀ DICHIARAZIONI E CERTIFICAZIONI DA ALLEGARE ALL'ASSEVERAZIONE AI FINI DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO**

3.2 Per gli impianti rilevanti ai fini della sicurezza antincendi e ricadenti nel campo di applicazione del decreto del **Ministro dello sviluppo economico di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 22 gennaio 2008, n. 37 e successive modificazioni, la documentazione e' costituita dalla dichiarazione di conformita' di cui all'articolo 7 del citato decreto.** Il progetto e gli allegati obbligatori devono fare parte del fascicolo indicato al precedente punto 1.2. che il titolare e' tenuto a rendere disponibile per eventuali controlli del Comando.

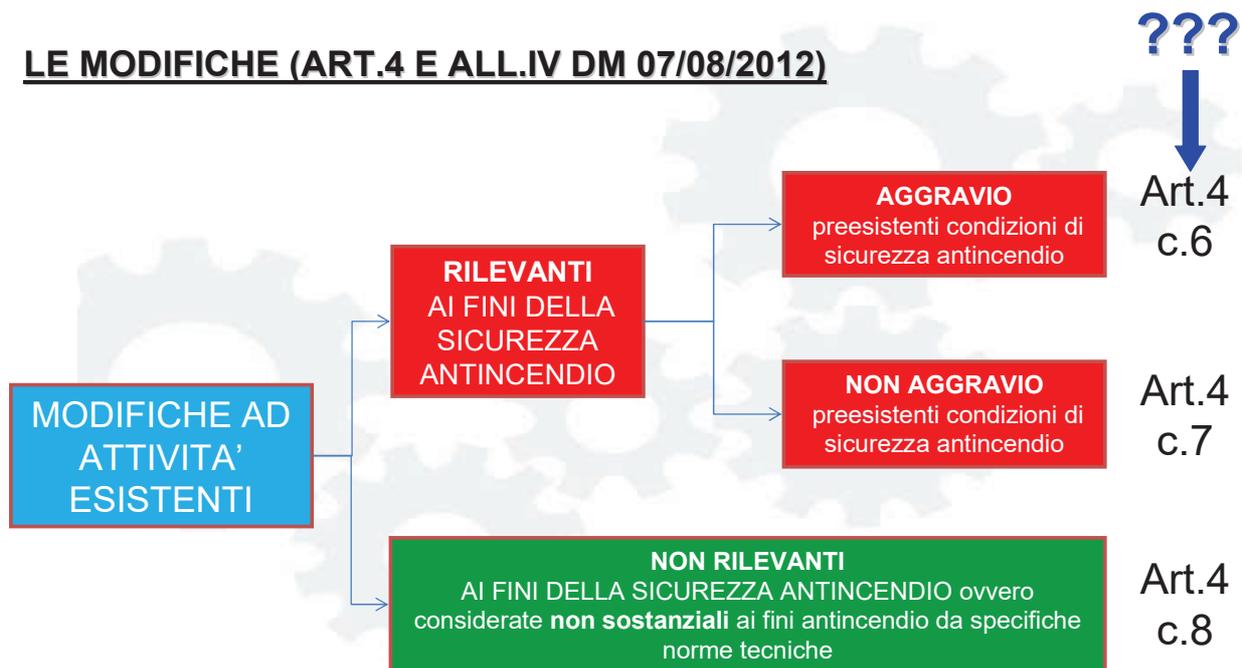


## **DM 7/8/2012 art. 4: SEGNALAZIONE CERTIFICATA INIZIO ATTIVITÀ DICHIARAZIONI E CERTIFICAZIONI DA ALLEGARE ALL'ASSEVERAZIONE AI FINI DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO**

<b>NOME</b>	<b>MODELLO</b>	<b>A FIRMA DI:</b>
Certificazione di resistenza al fuoco di prodotti/elementi costruttivi in opera	Mod. PIN 2.2-2018 Cert. REI	Professionista antincendio
Dichiarazione inerente i prodotti	Mod. PIN 2.3-2018 Dich. prod.	Professionista antincendio
<b>Dichiarazione di conformità</b>	<b>Dichiarazione di conformità</b>	<b>Ditta installatrice</b>
Dichiarazione di corretta installazione e funzionamento dell'impianto	Mod. PIN 2.4-2018 Dich. Imp.	Ditta installatrice
Certificazione di rispondenza e di corretto funzionamento dell'impianto	Mod. PIN 2.5-2018 Cert. Imp	Professionista antincendio



## LE MODIFICHE (ART.4 E ALL.IV DM 07/08/2012)



## LE MODIFICHE (ART.4 E ALL.IV DM 07/08/2012)

- **C.6** Modifiche rilevati con aggravio: valutazione **progetto** + SCIA
- **C.7** Modifiche rilevanti senza aggravio:
  - **SCIA** con impegno sugli obblighi gestionali ribaditi per l'intero insediamento
  - Asseverazione per le parti soggette a modifica, **completa di certificazioni ex Allegato II** ed elaborati ex Allegato I punto C, nonché dichiarazione di non aggravio del rischio incendio
- **C.8** Modifiche non rilevanti: (quelle no art.4 c.6 DPR 151): aggiornamento documentazione (**certificazioni Allegato II** e Allegato I punto C- planimetria generale ma resto documentazione relativa a porzione interessata da modifiche) all'atto presentazione attestazione di rinnovo periodico di conformità antincendio



## **DCPREV 9833 del 22 luglio 2020: gestione modifiche.**

Ala luce del DM 10 marzo 2020 per le attività esistenti:

1. l'eventuale **riconversione degli impianti con fluidi A1** è considerata **modifica non rilevante** ai fini della sicurezza antincendio: pertanto, in accordo all'art. 4, comma 8, del decreto 7 agosto 2012, dovrà essere documentata al Comando all'atto della presentazione dell'attestazione di rinnovo periodico di conformità antincendio.

Alla **documentazione del rinnovo** dovrà essere allegata

- la dichiarazione di conformità dell'impianto riconvertito
- il manuale di uso e manutenzione deve essere disponibile presso la sede dell'attività stessa.



## **DCPREV 9833 del 22 luglio 2020: gestione modifiche**

2. L'eventuale **riconversione degli impianti con fluidi A2L** è considerata, invece, una **modifica rilevante** ai fini della sicurezza antincendio e, nel caso in cui non comporti un aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza, si rimanda alle procedure previste dall'art. 4, comma 7 del decreto 7 agosto 2012

Alla **documentazione della SCIA** dovrà essere allegata,

- dichiarazione di non aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza a firma di tecnico abilitato
- dichiarazione di conformità dell'impianto riconvertito
- il manuale di uso e manutenzione dell'impianto dovrà essere reso disponibile presso l'attività.





## Impianti centralizzati di climatizzazione e condizionamento

Negli ambiti dell'attività ove gli occupanti possano essere esposti agli effetti dei gas refrigeranti, **dovrebbero essere impiegati gas refrigeranti classificati A1 o A2L secondo norma ISO 817 "Refrigerants - Designation and safety classification"**.

La serie delle norme UNI EN 378 "Sistemi di refrigerazione e pompe di calore - Requisiti di sicurezza e ambientali" specifica i requisiti per la sicurezza degli occupanti e dei beni, fornisce una guida per la tutela dell'ambiente e stabilisce procedure per il funzionamento, la manutenzione e la riparazione di impianti di refrigerazione e per il recupero dei refrigeranti. Ove si impieghino gas refrigeranti infiammabili, la serie delle UNI EN 378 contiene previsioni specifiche di sicurezza antincendio.

	Gruppi di sicurezza	
Infiammabilità maggiore	A3	B3
Infiammabilità	A2	B2
Infiammabilità minore	A2L	B2L
Non infiammabilità	A1	B1
	Minore tossicità	Maggiore tossicità



## SOLUZIONE ALTERNATIVA

Il progettista potrà impiegare impianti ed apparecchiature contenenti gas refrigerante diversi da A1 e A2L ricorrendo all'impiego di **soluzioni alternative** (cfr. paragrafo G.2.7 del *Codice di prevenzione incendi*) e dimostrando il raggiungimento degli specifici obiettivi di sicurezza antincendio previsti dalla serie delle norme UNI EN 378 (con riferimento alla parte 3!)



Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile  
**CORPO NAZIONALE DEI VIGILI DEL FUOCO**  
DIREZIONE CENTRALE PER LA PREVENZIONE E SICUREZZA TECNICA

# Grazie per l'attenzione!



[michele.mazzaro@vigilfuoco.it](mailto:michele.mazzaro@vigilfuoco.it)



# L'IMPIEGO DEI REFRIGERANTI INFIAMMABILI NEL CONTESTO NAZIONALE E COMUNITARIO

Webinar, 18 dicembre 2020

 **AICARR**  
Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente



# IMPLICAZIONI PROGETTUALI NEGLI IMPIANTI HVAC

Prof. Luca Molinaroli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano

 **AICARR**  
Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Domande

Come gestisco il rischio nell'utilizzo di fluidi debolmente infiammabili?

Sugli impianti esistenti l'adozione di nuovi fluidi cosa comporta?

Come si modifica la potenza resa?

L'efficienza energetica come cambia?



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Domande

Come gestisco il rischio nell'utilizzo di fluidi debolmente infiammabili?

~~Sugli impianti esistenti l'adozione di nuovi fluidi cosa comporta?~~

Come si modifica la potenza resa?

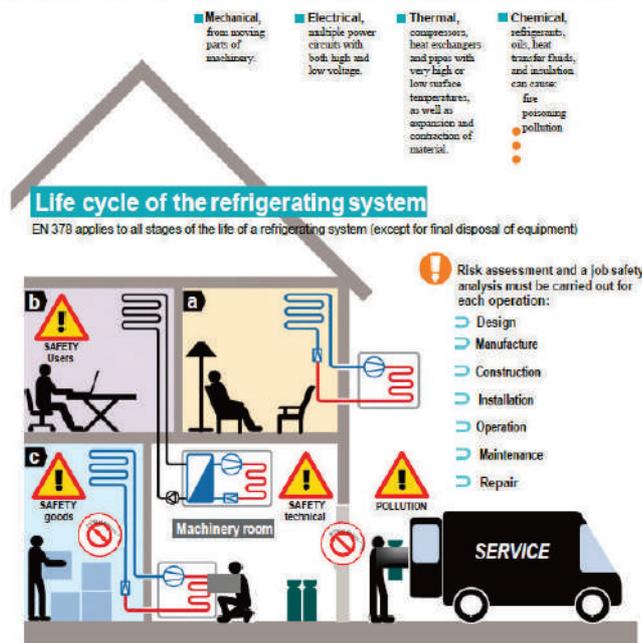
L'efficienza energetica come cambia?



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



## GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



# UNI EN 378

- Parte 1** - Sistemi di refrigerazione e pompe di calore – Requisiti di sicurezza e ambientali: *Requisiti di base, definizioni, criteri di classificazione e selezione (edizione 2017)*
- Parte 2** - Sistemi di refrigerazione e pompe di calore – Requisiti di sicurezza e ambientali: *Progettazione, costruzione, prova, marcatura e documentazione (edizione 2017)*
- Parte 3** - Sistemi di refrigerazione e pompe di calore – Requisiti di sicurezza e ambientali: *Sito di installazione e protezione delle persone (edizione 2017)*
- Parte 4** - Sistemi di refrigerazione e pompe di calore – Requisiti di sicurezza e ambientali: *Condizione, manutenzione, riparazione e recupero (edizione 2020)*



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## UNI EN 378 e relative parti

La norma specifica i requisiti per la sicurezza delle persone e dei beni, fornisce una guida per la tutela dell'ambiente e stabilisce procedure per il funzionamento, la manutenzione e la riparazione di impianti di refrigerazione e il recupero dei refrigeranti.

La prima parte della EN 378 specifica i criteri di classificazione e di selezione applicabili ai sistemi di refrigerazione. Questi criteri di classificazione e di selezione sono poi utilizzati nelle parti 2, 3 e 4.



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## UNI EN 378 e relative parti

La norma si applica:

- a) a sistemi di refrigerazione, fissi o mobili, di tutte le dimensioni salvo per i sistemi di climatizzazione per veicoli oggetto di specifiche norme di prodotto, per esempio la ISO 13043;
- b) per sistemi di raffreddamento o riscaldamento secondari;
- c) alla posizione dei sistemi di refrigerazione;
- d) alle parti sostituite e alle componenti aggiunte dopo l'adozione di questa norma se non sono identiche nella funzione e nella capacità;

I sistemi che utilizzano refrigeranti diversi da quelli elencati *nell'appendice E* della presente norma europea non sono coperti dalla presente norma.



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



# UNI EN 378 ANNEX E

In Tables E.1, E.2, E.3 the vapour density, molecular mass, normal boiling point (with bubble point and dew point), azeotropic temperatures, ODP and GWP (AR5) are not part of this European Standard and are provided for information purposes only.

Table E.1 — Refrigerant designations

Refrigerant number	Chemical name <sup>a</sup>	Chemical formula	Safety class	PED <sup>b</sup> fluid group	Practical limit <sup>c</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	ATEL/ODL <sup>d</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	LR <sup>e</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Vapour density 25 °C, 101,3 kPa <sup>a</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Molecular mass <sup>a</sup>	Normal boiling point <sup>a</sup> (°C)	ODP <sup>g</sup>	GWP <sup>h</sup> (100 yr ITH)	GWP <sup>h</sup> (AR5) (100 yr ITH)	Auto ignition temperature (°C)
<b>Methane series</b>														
11	Trichlorofluoromethane	CCl <sub>3</sub> F	A1	2	0,3 <sup>i</sup>	0,0062 <sup>j</sup>	NF	5,62	137,4	24	1	4 750	4 660	ND
12	Dichlorodifluoromethane	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	A1	2	0,5 <sup>i</sup>	0,088 <sup>j</sup>	NF	4,94	120,9	-29,0	1	10 900	10 200	ND
12B1	Bromochlorodifluoromethane	CBrcClF <sub>2</sub>	ND	ND	0,2	ND	NF	6,76	165,4	-4	3	1 890	1 750	ND
13	Chlorotrifluoromethane	CClF <sub>3</sub>	A1	2	0,5 <sup>i</sup>	ND	NF	4,27	104,5	-81	1	14 400	13 900	ND
13B1	Bromotrifluoromethane	CBrcF <sub>3</sub>	A1	2	0,6 <sup>i</sup>	ND	NF	6,09	148,9	-58	10	7 140	6 290	ND
14	Carbon tetrafluoride	CF <sub>4</sub>	A1	2	0,4	0,40 <sup>i</sup>	NF	3,60	88,0	-128	0	7 390	6 630	ND
22	Chlorodifluoromethane	CHClF <sub>2</sub>	A1	2	0,3 <sup>i</sup>	0,21 <sup>j</sup>	NF	3,54	86,5	-41	0,055	1 810	1 760	635
23	Trifluoromethane	CHF <sub>3</sub>	A1	2	0,68 <sup>i</sup>	0,15	NF	2,86	70,0	-82	0	14 800	12 400	765
30	Dichloromethane (methylene chloride)	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	B2	2	0,017	ND	0,417	3,47	84,9	40	ND	9	9	662
32	Difluoromethane (methylene fluoride)	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	A2L	1	0,061	0,30 <sup>i</sup>	0,307	2,13	52,0	-52	0	675	677	648
50	Methane	CH <sub>4</sub>	A3	1	0,006	ND	0,032	0,654	16,0	-161	0	25	30	645



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



# UNI EN 378 ANNEX E

Refrigerant number	Chemical name <sup>a</sup>	Chemical formula	Safety class	PED <sup>b</sup> fluid group	Practical limit <sup>c</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	ATEL/ODL <sup>d</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	LR <sup>e</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Vapour density 25 °C, 101,3 kPa <sup>a</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Molecular mass <sup>a</sup>	Normal boiling point <sup>a</sup> (°C)	ODP <sup>g</sup>	GWP <sup>h</sup> (100 yr ITH)	GWP <sup>h</sup> (AR5) (100 yr ITH)	Auto ignition temperature (°C)
1233ad(B)	Trans-1-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-ene	CFC3Cl = CHCl	A1	2	0,006	0,006	NF	5,34	130,5	10,1	-0	4,5	1	
1234yf	2,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene	CF <sub>3</sub> CF = CH <sub>2</sub>	A2L	1	0,058	0,47 <sup>i</sup>	0,289	4,66	114,0	-26	0	4	< 1	405
1234ze(B)	Trans-1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene	CF <sub>3</sub> CF = CHF	A2L	2 <sup>a</sup>	0,061	0,28	0,303	4,66	114,0	-19	0	7	< 1	368
1270	Propene (propylene)	CH <sub>3</sub> CH = CH <sub>2</sub>	A3	1	0,008 <sup>i</sup>	0,001 71 <sup>k</sup>	0,046	1,72	42,1	-48	0	2	2	455
<b>Cyclic organic compounds</b>														
C318	Octafluorocyclobutane	C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	A1	2	0,81	0,65	NF	8,18	200,0	-6	0	10 300	9 540	ND
<b>Hydrocarbons</b>														
600	Butane	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	A3	1	0,008 9 <sup>i</sup>	0,002 41 <sup>k</sup>	0,038	2,38	58,1	0	0	4	4	365
600a	2-methyl propane (isobutane)	CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	A3	1	0,011 <sup>i</sup>	0,059	0,043	2,38	58,1	-12	0	3	3	460
601	Pentane	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	A3	1	0,008 <sup>i</sup>	0,002 91 <sup>k</sup>	0,035	2,95	72,1	36	0	5	5	ND
601a	2methyl butane (isopentane)	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	A3	1	0,008 <sup>i</sup>	0,002 91 <sup>k</sup>	0,038	2,95	72,1	27	0	5	5	ND
<b>Other organic compounds</b>														
E170	Dimethyl ether	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O	A3	1	0,013 <sup>i</sup>	0,079	0,064	1,88	46	-23	0	1	1	235
<b>Inorganic compounds</b>														
717	Ammonia	NH <sub>3</sub>	B2L	1	0,000 35 <sup>i</sup>	0,000 22 <sup>j</sup>	0,116	0,700	17,0	-33	0	0	0	630
744	Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	A1	2	0,1 <sup>i</sup>	0,072 <sup>j</sup>	NF	1,80	44,0	-78 <sup>a</sup>	0	1	1	ND



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## UNI EN 378 e relative parti

È una norma di integrazione in quanto fornisce indicazioni su argomenti che non sono completamente affrontati da altre normative.

Per tale motivo non è una guida completa per la progettazione di sistemi di refrigerazione.

Ad esempio, non fornisce indicazioni complete sulla sicurezza elettrica, ma solo su aspetti che sono rilevanti per la refrigerazione e che non sono adeguatamente affrontati altrove. **Non fornisce la presunzione di conformità con tutte le direttive europee pertinenti, ma solo quelle specificamente menzionate nell'allegato Z in ciascuna delle quattro parti.**



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## UNI EN 378 e relative parti

Attualmente ciò significa che la conformità può essere presunta solo per quanto riguarda i requisiti di progettazione, costruzione, prova, marcatura e documentazione per il PED e l'MD, non per altre direttive e non per altri aspetti delle direttive.

In particolare la conformità alla norma UNI EN 378 non dà alcuna presunzione di conformità alla direttiva 99/92/CE (direttiva "ATEX Workplace") o alla direttiva 2006/95/CE (direttiva "Low Voltage"). Qualsiasi sistema che utilizza una "sostanza pericolosa" quale definita nella DSEAR (2002) deve soddisfare i requisiti di tali regolamenti. Il rispetto integrale dei requisiti della norma UNI EN 378 non fornisce una presunzione di conformità in materia di infiammabilità.



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## UNI EN 378 parte 1

Rispetto alla versione del 2012 a parte qualche leggera modifica dal punto di vista del vocabolario dei termini e sul formalismo della classificazione al fine di renderla più chiara.

Il vero aggiornamento risulta nell'aggiunta della classe di infiammabilità 2L e delle implicazioni nella progettazione di sistemi che utilizzano i nuovi gas refrigeranti a basso GWP (HFO)



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## UNI EN 378 parte 1

Tuttavia, era già possibile utilizzare gli HFO in conformità alla norma EN378:2008, sebbene le restrizioni di carica siano diverse nella revisione, il calcolo produce lo stesso risultato; è cambiato solo il formato dell'equazione.

Ad esempio nella norma UNI EN 378:2008 parte 1 la quantità di refrigerante di tipo A2 consentita in uno «*human occupied space*» per la refrigerazione era

Carica massima = practical limit x volume dell'ambiente  
e deve non essere superiore a 38 x LFL



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## UNI EN 378 parte 1

Se adottiamo Per l'**R-1234yf**, (cfr nell'allegato E) come refrigerante A2, l'LFL è di 0,299 kg m<sup>-3</sup>, quindi il limite superiore di carica era di 11,36 kg.

Nella versione attuale della norma la quantità di refrigerante consentita per un'applicazione è:

$$20 \% \times \text{LFL} \times \text{Volume della stanza} \\ \text{e non superiore a } 1,5 \times m_2$$

Dove il fattore  $m_2$  viene determinato come  $26m^3 \times \text{LFL}$  con un valore di LFL per R-1234yf (cfr Annéx E) pari a 0,289 kg m<sup>-3</sup>, per cui il limite superiore di carica è 11,27kg.

In questo caso, la versione precedente della norma non solo permetteva l'uso di un HFO, ma ne permetteva l'uso di poco più della revisione della stessa (**circa 90 g in più, o 0,8%**).



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## UNI EN 378 parte 1

Limiti di carica dovute all'utilizzo di fluidi debolmente infiammabili negli impianti di condizionamento d'aria ai fini del Comfort.

Il metodo introdotto nel 2008 è stato implementato come di seguito:

$$m_{max} = 2,5 \times \text{LFL}^{(5/4)} \times h_0 \times A^{(1/2)}$$



# UNI EN 378 parte 1

Limiti di carica dovute all'utilizzo di fluidi debolmente infiammabili negli impianti di condizionamento d'aria ai fini del Comfort.

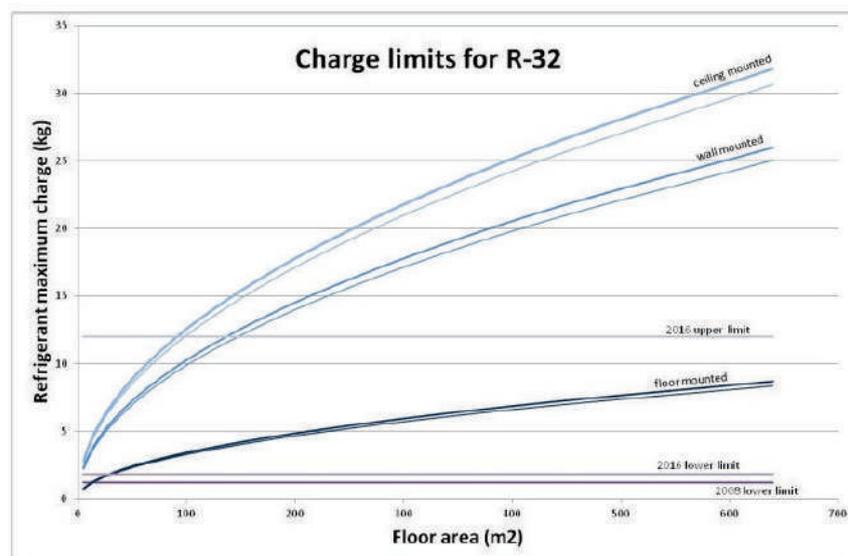
Il metodo introdotto nel 2008 è stato implementato come di seguito:

Viene incrementato a da 4 x LFL a **6 x LFL** per i refrigeranti 2L, rimane **4** per gli altri refrigeranti infiammabili.

Viene introdotto un limite superiore non presente nella versione precedente:

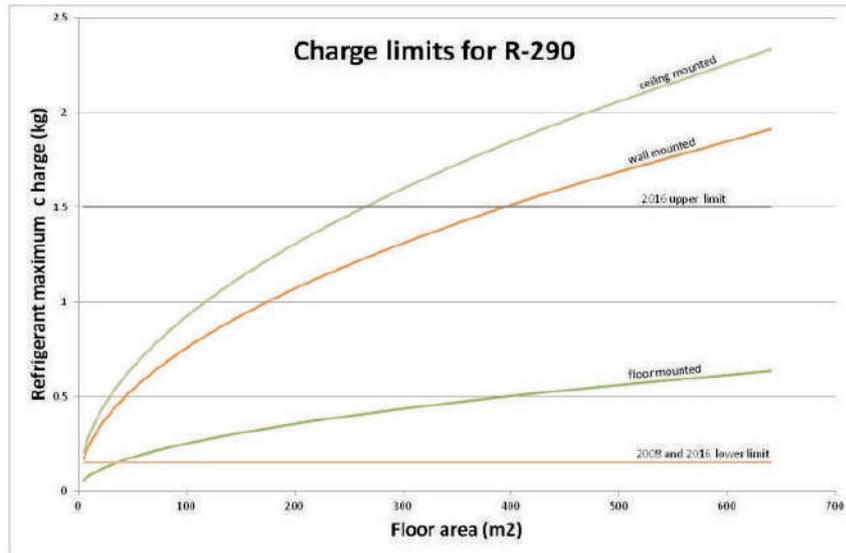
*39 x LFL per i fluidi 2L*

*26 x LFL (o 1,5 kg, se superiore) per gli altri fluidi infiammabili*





GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Gestione del Rischio

È stato introdotto un'ulteriore metodologia per la gestione del rischio in determinate circostanze:

- applicabili solo ai refrigeranti A1 e A2L;
- con carica inferiore a 150 kg ovvero 195 x LFL (per R32 pari a 60 kg);
- sistemi multi-split;
- in classe II;
- l'unità interna è protetta o in alternativa sono adottate altre misure di sicurezza come ad esempio extra ventilazione o valvole di intercettazione collegate a rilevatori di gas refrigerante.

Tale metodologia è applicabile a tutti i sistemi impiantistici non solo a quelli deputati a mantenere le condizioni di comfort.



## Gestione del Rischio

Vi sono altri due approcci:

1. Quantitativo limite con ventilazione minima (QLMV) (ad esempio al presenza di spazio sotto la porta)

In generale per i refrigeranti A2L il QLMV è solo leggermente superiore alla concertazione di refrigerante limite (RCL), ad esempio per R-32 il RCL è di 0,061 kg m<sup>-3</sup> e il QLMV di 0,063 kg m<sup>-3</sup>, quindi la carica ammissibile è solo del 3,3% superiore.

2. Quantitativo minimo con ventilazione addizionale (QLAV) (extra ventilazione o valvole di intercettazione collegate a rilevatori di gas refrigerante)

Per R-32 QLAV si basa sul 50% di LFL ed è quindi molto superiore a RCL (che si basa sul 20% di LFL), quindi si applica un valore di calcolo di QLAV di 0,15 kg m<sup>-3</sup>

In generale per i refrigeranti 2L i valori di QLMV sono quasi gli stessi degli RCL e QLAV (con misure di sicurezza aggiuntive) aumenta il limite superiore della carica refrigerante di un fattore di circa 2,5.



## UNI EN 378

La **parte 2** è stata prevalentemente allineata alla PED e alla MD, sono stati inoltre aggiunti 4 allegati inerenti on «*stress corrosion Cracking*», «*leak simulation test*», «*Commissioning*» e «*ingition sources*»

La **parte 3** non ha subito modifiche importanti comma la 1 o la 2 se non l'adattamento all'introduzione della classe 2L.

La **parte 4** pubblicata a gennaio 2020 non è rilevante ai fini di questo seminario.



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Domande

Come gestisco il rischio nell'utilizzo di fluidi debolmente infiammabili?

Sugli impianti esistenti l'adozione di nuovi fluidi cosa comporta?

Come si modifica la potenza resa?

L'efficienza energetica come cambia?



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



ORIGINAL ARTICLE

AiCARR Journal / Vol 59, n. 6, 30 - 34, 2019

Luigi Pietro Maria Colombo<sup>1</sup>, Andrea Lucchini<sup>1</sup>, Luca Molinaroli<sup>1\*</sup>

# Analisi sperimentale della sostituzione del R134a con R1234yf, R1234ze(E), R450A e R513A in una pompa di calore acqua-acqua di piccola taglia



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



## Obiettivo dello studio

Lo studio si propone di valutare sperimentalmente le prestazioni di una pompa di calore acqua-acqua di piccola taglia che utilizza i cinque diversi refrigeranti

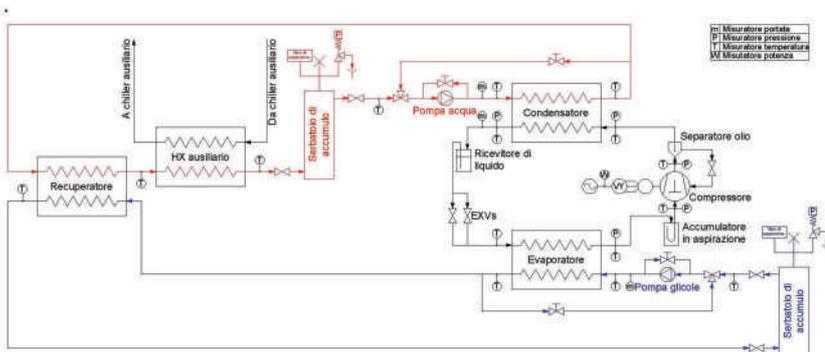
L'analisi è condotta in due fasi: nella

**Fase 1:** sono misurate le prestazioni in un'applicazioni puramente di tipo drop-in, ovverosia sostituendo il fluido refrigerante ma utilizzando le medesime temperature dei fluidi secondari agli scambiatori di calore e la medesima frequenza di rotazione dell'albero del compressore.

**Fase 2:** sono misurate le prestazioni quando la frequenza di rotazione dell'albero del compressore è modificata al fine di ottenere la medesima potenza termica erogata dalla pompa di calore quando opera con R134a.



## Apparato sperimentale



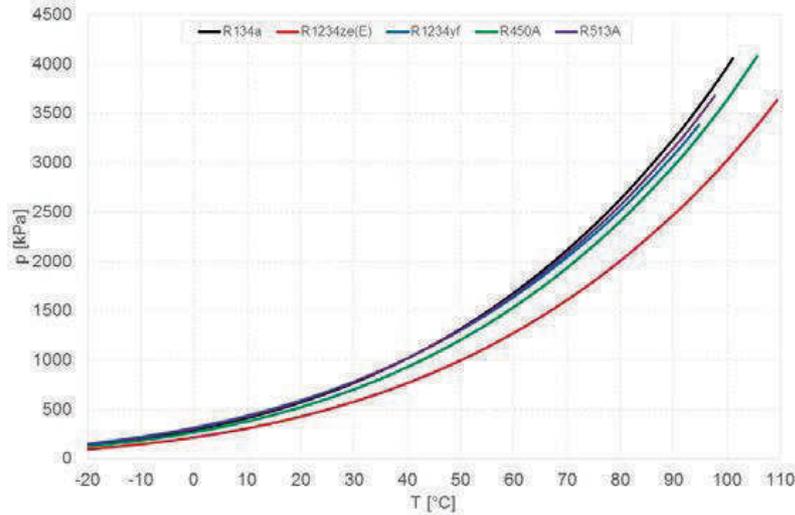
**Tabella 1 – Principali caratteristiche dei componenti del circuito sperimentale**

*Table 1 - Main characteristics of the experimental set-up components*

Componente	Grandezza	Valore
Compressore	Cilindrata (@ 50 Hz)	13,15 m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>
	Frequenza di rotazione dell'albero	30 Hz - 87 Hz
	Oil lubrificante	POE ISO 32
	Carica di olio	1,1 dm <sup>3</sup>
Condensatore	Dimensioni	289 mm x 119 mm x 93,6 mm
	n° di piastre	40
Evaporatore	Dimensioni	376 mm x 119 mm x 71,2 mm
	n° di piastre	30
Valvola di espansione	Potenza frigorifera minima e massima	1200 W - 12000 W
		1690 W - 16900 W
Ricevitore di liquido	Volume	2,8 · 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>



# Refrigeranti considerati e prove condotte



# Refrigeranti considerati e prove condotte

**Tabella 4 – Condizioni di prova utilizzate**

Table 4 - Adopted testing conditions

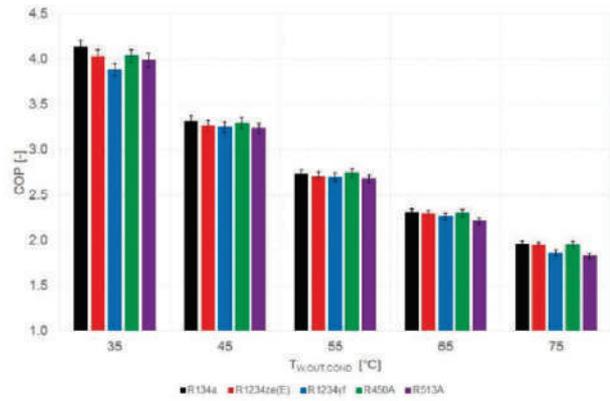
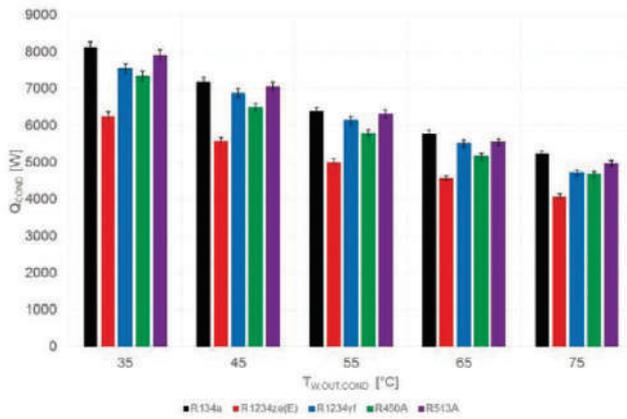
Prova	f	$\Delta T_{SURR}$	Evaporatore			Condensatore		
			$\dot{m}_G$	$T_{G,IN}$	$T_{G,OUT}$	$\dot{m}_W$	$T_{W,IN}$	$T_{W,OUT}$
1	50 Hz	5 °C	Identificata	10 °C	5 °C	Identificata	30 °C	35 °C
2	50 Hz	5 °C	Identificata	10 °C	5 °C	Identificata	40 °C	45 °C
3	50 Hz	5 °C	Identificata	10 °C	5 °C	Identificata	50 °C	55 °C
4	50 Hz	5 °C	Identificata	10 °C	5 °C	Identificata	60 °C	65 °C
5	50 Hz	5 °C	Identificata	10 °C	5 °C	Identificata	70 °C	75 °C
6	Variabile	5 °C	Identificata	10 °C	5 °C	Come R134a	30 °C	35 °C
7	Variabile	5 °C	Identificata	10 °C	5 °C	Come R134a	40 °C	45 °C
8	Variabile	5 °C	Identificata	10 °C	5 °C	Come R134a	50 °C	55 °C
9	Variabile	5 °C	Identificata	10 °C	5 °C	Come R134a	60 °C	65 °C
10	Variabile	5 °C	Identificata	10 °C	5 °C	Come R134a	70 °C	75 °C



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Risultati Prove 1-5



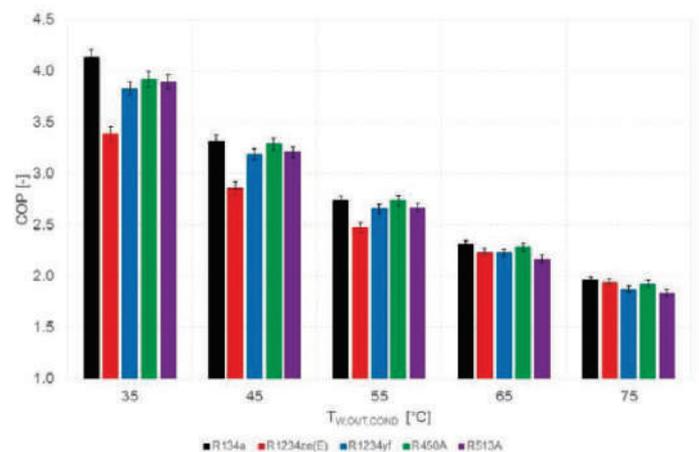
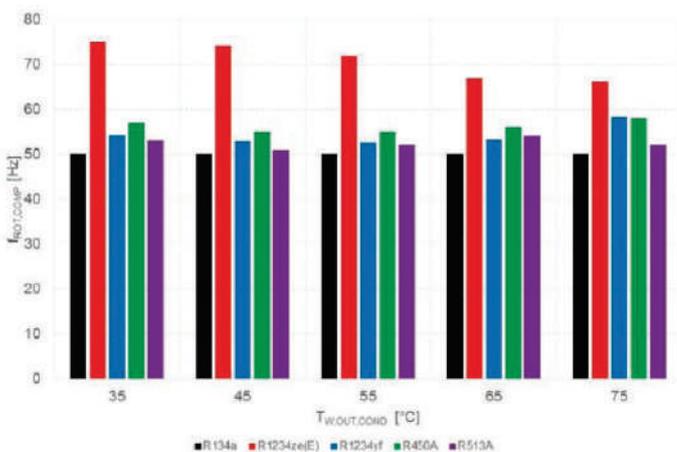
Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## Risultati Prove 6-10



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano



## Conclusioni

Dai risultati ottenuti si può affermare che:

- Con l'impiego di uno qualsiasi dei refrigeranti alternativi a basso GWP la pompa di calore:
  - ✓ eroga una potenza termica minore, compresa nell'intervallo **77 % ÷ 99 %** a seconda del fluido refrigerante e delle condizioni di prova,
  - ✓ opera con un COP leggermente inferiore, compreso nell'intervallo **93 % ÷ 100 %**.
- Attraverso l'incremento della frequenza di rotazione dell'albero del compressore è possibile riportare la potenza termica prodotta al valore ottenuto con R134a.
- A seconda del fluido refrigerante e delle condizioni di prova, tale incremento varia entro l'intervallo 2% ÷ 50 % ma generalmente comporta un'ulteriore riduzione del COP della pompa di calore che si attesta nell'intervallo **82 % ÷ 90 %**.



## Conclusioni

Per quanto riguarda la UNI 378

- ✓ La versione attuale è ancora troppo complicata e non è adatta al 100% delle circostanze.
- ✓ In particolare, l'aumento dell'uso di refrigeranti infiammabili, sia che si tratti di idrocarburi di classe A3 o di HFO di classe A2L, porterà a ulteriori perfezionamenti al pacchetto di norme sulla base dell'esperienza "reale" di implementazione.
- ✓ In particolare potrebbe esserci uno sviluppo per un uso più ampio degli A2Ls nei supermercati, nei gruppi frigo e in altri sistemi di piccole e medie dimensioni, che richiederà un ulteriore lavoro per rendere lo standard di facile utilizzo pur garantendo la sicurezza.



GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE



## GRAZIE PER L'ATTENZIONE

"Il presente documento è il risultato di una libera e personale interpretazione dell'autore. In nessun caso le idee espresse dall'autore possono essere considerate come parere di AICARR. Le fonti esterne (di immagini, materiali, schemi, idee, ecc.) sono state opportunamente citate, dove note. Immagini e disegni sono tratti nella maggior parte dei casi da Internet e si ricollegano a concetti e definizioni di senso comune. Nel caso che qualche diritto di autore sia stato involontariamente leso, si prega di contattare l'autore della presentazione, al fine di risolvere ogni possibile conflitto."



Prof. Luca Molinaroli – Politecnico di Milano

Scarica la nostra App da  
Apple Store e Google Play

Seguici su

**AICARR**  
Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente

[aicarr.org](http://aicarr.org)

Il presente documento è il risultato di una libera e personale interpretazione dell'autore. In nessun caso le idee espresse dall'autore possono essere considerate come parere di AICARR. Le fonti esterne (di immagini, materiali, schemi, idee, ecc.) sono state opportunamente citate, dove note. Immagini e disegni sono tratti nella maggior parte dei casi da Internet e si ricollegano a concetti e definizioni di senso comune. Nel caso che qualche diritto di autore sia stato involontariamente leso, si prega di contattare l'autore della presentazione, al fine di risolvere ogni possibile conflitto.