

Mediclima 2017

nZEB - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA

Smart glass in edilizia: i vetri Elettrocromici.
Ricerche e applicazioni



DICAAR

Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

VETRI IN EDILIZIA

PRODUZIONE

- Dal vetro tirato al Float (1959 - Alistair Pilkington)

ASPETTO
RESISTENZA

- Stratificati
- Sicurezza
- Antivandalismo
- Strutturali
- Satinatura
- Sabbatura
- Serigrafia
- Rivestimenti ologrammici
- Facciate display



LINGUAGGI

- GOTICO
- SERRE '800
- MODERNO
- CONTEMPORANEO



PRESTAZIONI ENERGETICHE

- Dai doppi infissi alle vetrate isolanti



- VETRI STATICI
- VETRI DINAMICI



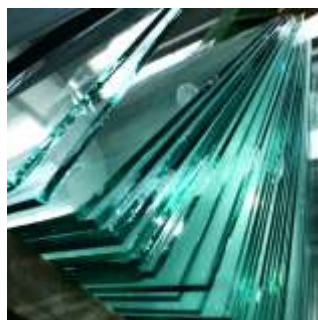
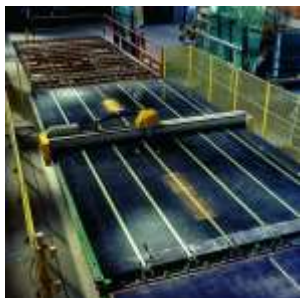
Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. Lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

VETRI STATICI

- VETRI SINGOLI, STRATIFICATI
- SPECCHIATI
- VETROCAMERA - BASSO EMISSIVI
- VETROCAMERA – BASSO EMISSIVI - RIFLETTENTI



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

VETRI DINAMICI

I vetri dinamici sfruttano le caratteristiche dei materiali cromogenici: essi sono in grado di modificare, **reversibilmente**, la loro trasparenza e/o il loro colore.

La variazione può avvenire:

- **Passivamente** per azione (ad esempio) della luce (vetri **Fotocromici**) o della temperatura (vetri **Termocromici**);
- **Attivamente** con l'applicazione di un differenziale di tensione elettrica che provoca l'allineamento di molecole (vetri a **Cristalli Liquidi**) o una reazione di ossido riduzione (vetri **Elettrocromici**).



Vetri dinamici attivi.
Vetri a Cristalli Liquidi: stato OFF e ON



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

Clear state

Tinted state

Vetri dinamici attivi.
Vetri Elettrocromici: stato OFF e ON

MODALITÀ DI ATTIVAZIONE (da 0% a 100% con 2 steps intermedi):

- ORARIA
- SOGLIA TEMPERATURA
- SOGLIA RADIAZIONE SOLARE
- LIBERA

Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici

Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

Boeing 787

Applicazioni dei vetri Elettrocromici

Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici

Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo



La Ferrari 612 Scaglietti



Retrovisori EC Ferrari



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

Vetri Elettrocromici: stato OFF e ON



INTERNO: stato OFF



INTERNO: stato ON



ESTERNO: stato ON



ESTERNO: stato OFF

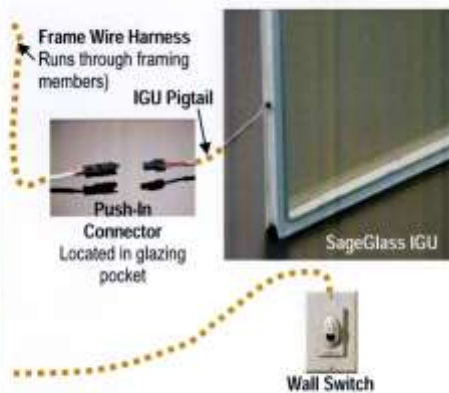


Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

Il “sistema” Elettrocromico



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

Caratteristiche salienti degli EC

Composizione pannello Elettrocromico IGU (Insulating Glass Unit) :

- Lastra esterna 7,2 mm (vetro laminato: v. temprato 4 mm + intercalare ionoplastico 0,9 mm +v. ricotto 2,2 mm)
- Intercapedine 12,2 mm (Argon o altro gas)
- Lastra interna 6 mm (vetro temperato)
- Sigillante
- Distanziatore (acciaio inox)

Totale circa 25 mm

Spessore film elettrocromico: circa 1/50 di un capello umano

Dimensioni massime IGU: 1.500x3.050 mm

Tempi di attivazione: da circa 3' a 10', in funzione delle condizioni al contorno e delle dimensioni del pannello in 4 varianti (tra il fully clear ed il fully tinted) da 0%, intermedio 1, intermedio 2, a 100%

Consumo: 2,8 W/m² all'attivazione e di 1 W/m² a regime; giornalmente una vetrata EC di 150 m² ha un consumo pari a quello di una lampadina ad incandescenza da 60 W

Garanzie funzionamento: sino a 100.000 ore di funzionamento; la garanzia ne certifica 50.000 (NREL Test E-2141)

Peso: circa 28 kg/ m²

Costo:



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

Comparazione dei parametri termotecnici tra Basso Emissivi, Basso Emissivi Riflettenti ed Elettrocromici

Tipologia	Ug [W/m²K]	SHGC [g factor] %	Tv %	Composizione pannello tipo 6/12-15/6
Basso emissivi	1,1	62	80	Intercapedine Argon 90%
Basso emissivi Riflettenti	1,3	17 - 39*	19 - 54*	Intercapedine Aria
	1,0			Intercapedine Argon 90%
Elettrocromici				
disattivati	1,1-1,4**	41	60	Intercapedine Argon 90%
attivati	1,1-1,4**	9	1	Intercapedine Argon 90%

Ug (trasmissione pannello vetro)

g (SHGC) (percentuale di trasmissione dell'energia solare)

Tv (percentuale di radiazione visibile passante)

* Variabile in dipendenza della colorazione lastra esterna con performance riflettente

** Variabile in dipendenza caratteristiche della lastra interna dell'IGU: 1,1 con lastra interna basso emissiva, 1,4 con lastra vetro temperato semplice.



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

ATTIVITÀ DEL GRUPPO DI RICERCA (dal 2008)

SPERIMENTAZIONE VETRI ELETTROCROMICI

Simulazioni

Test



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

SIMULAZIONI

Il patrimonio edilizio recente



Radiazione solare in ingresso il 17 luglio (statisticamente il più caldo).

Con i Low E, il massimo della radiazione si ha quando il sole è basso all'orizzonte e i raggi sono perpendicolari alla superficie.

Al contrario con i vetri EC il massimo della radiazione si ha attorno alle 11 quando il sole è alla massima altezza.



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

SIMULAZIONI

Il patrimonio edilizio storico



Emissioni CO2 [Kg]		
Mese	EC	Low E.
Gennaio	94.665	96.043
Febbraio	84.157	84.487
Marzo	84.717	85.076
Aprile	82.315	82.315
Maggio	93.257	97.638
Giugno	108.998	123.383
Luglio	165.442	194.735
Agosto	172.938	201.583
Settembre	131.116	150.071
Ottobre	85.033	85.033
Novembre	83.107	83.228
Dicembre	90.013	90.858
Totale	1.275.758	1.374.450



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

TEST



Costruzione test rooms (luglio – novembre 2011)



Sino ad aprile 2015

maggio - giugno 2015

luglio 2015



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

Dotazioni strumentali

Sistema di controllo



Piranometro
Sonde T e Hu
Datalogger



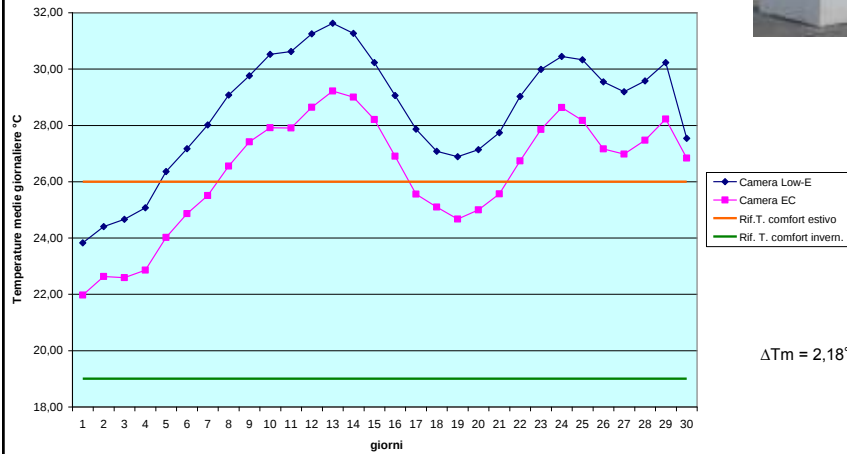
Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

ALCUNI DATI SIGNIFICATIVI

Confronto temperatura interna nel mese di giugno 2014

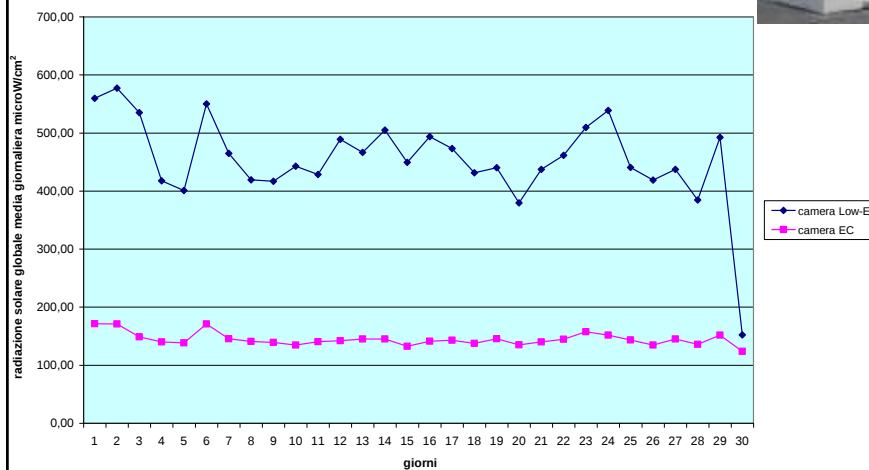


Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
 NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
 previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
 Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

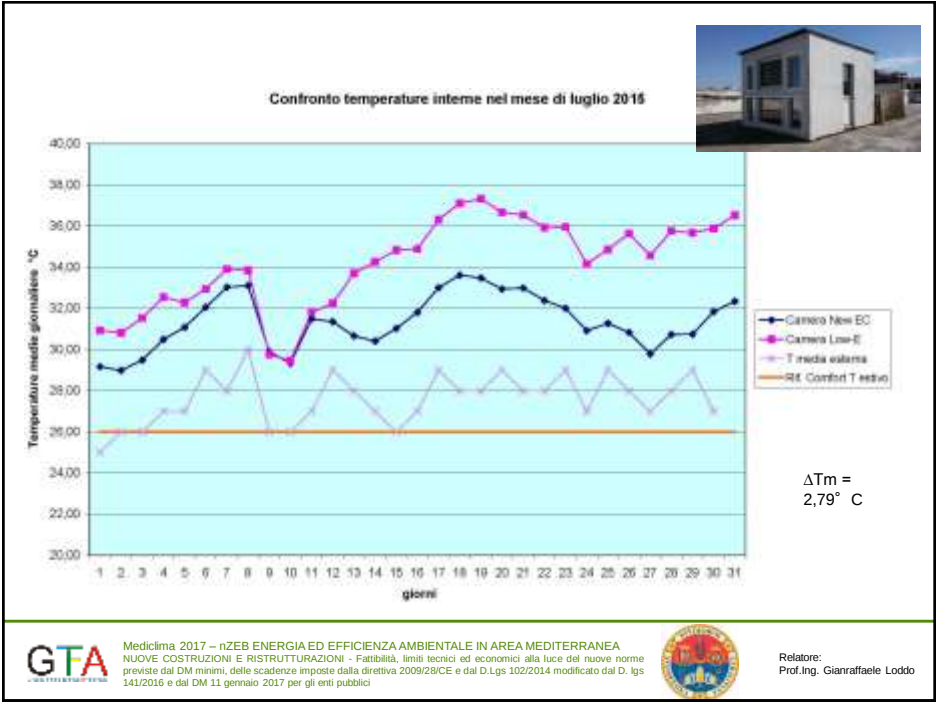
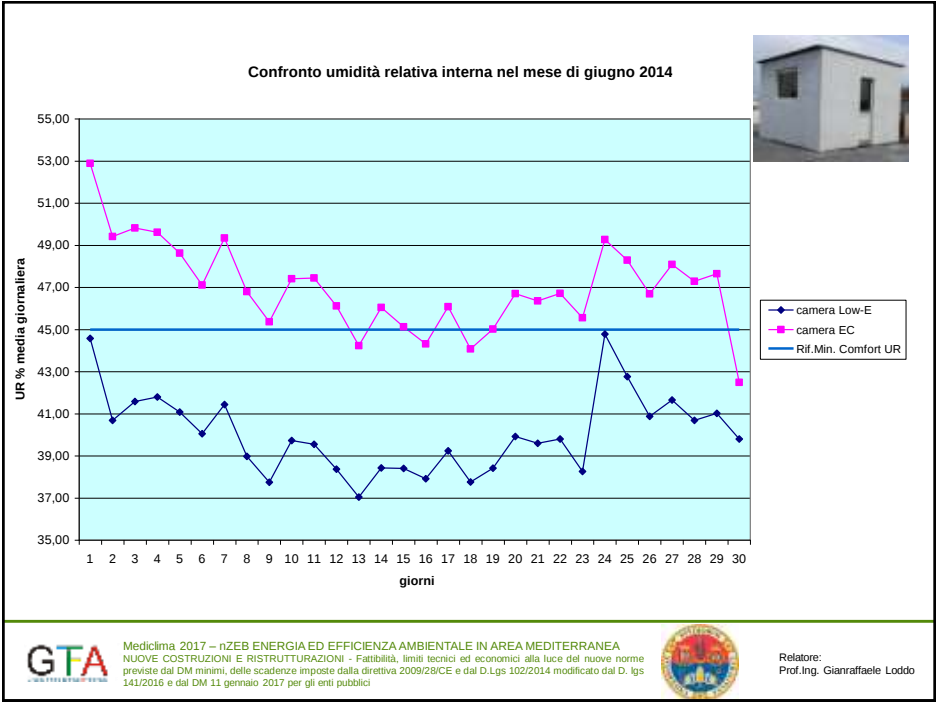
Confronto radiazione solare globale nel mese di giugno 2014

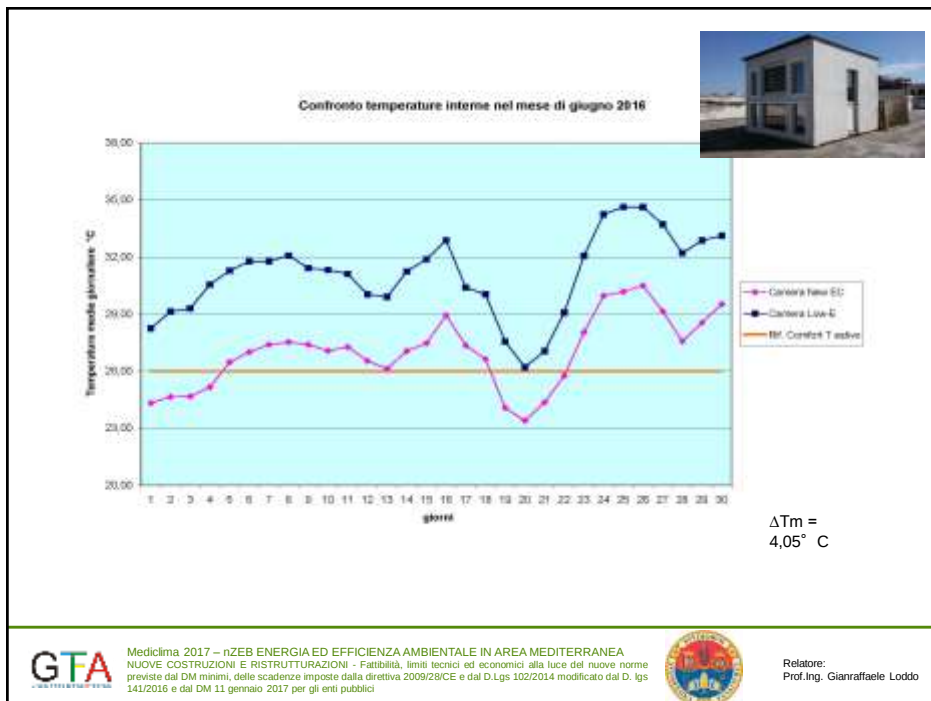
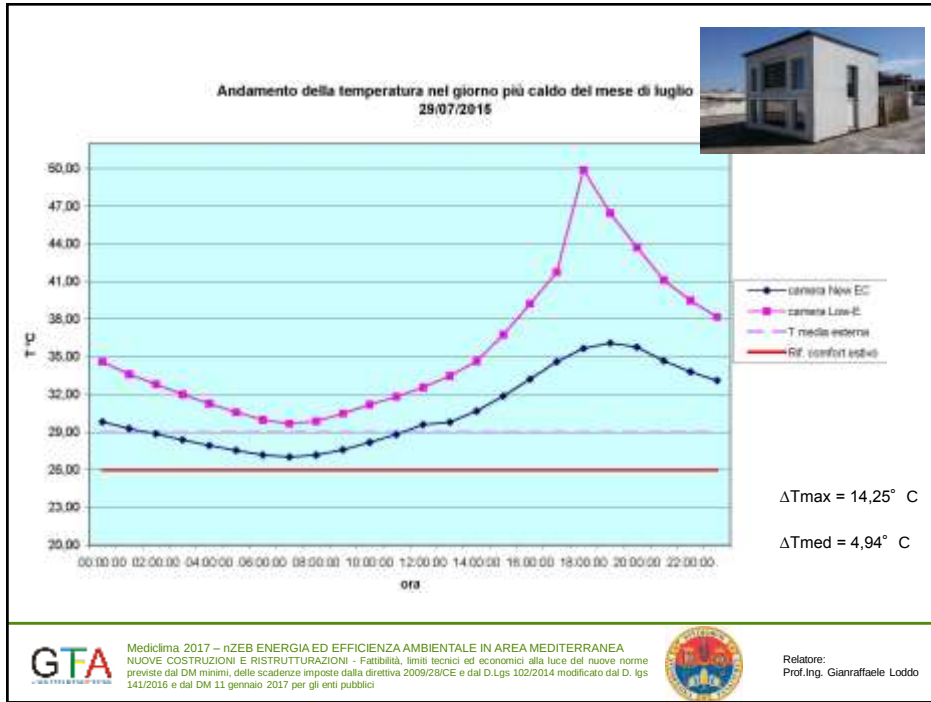


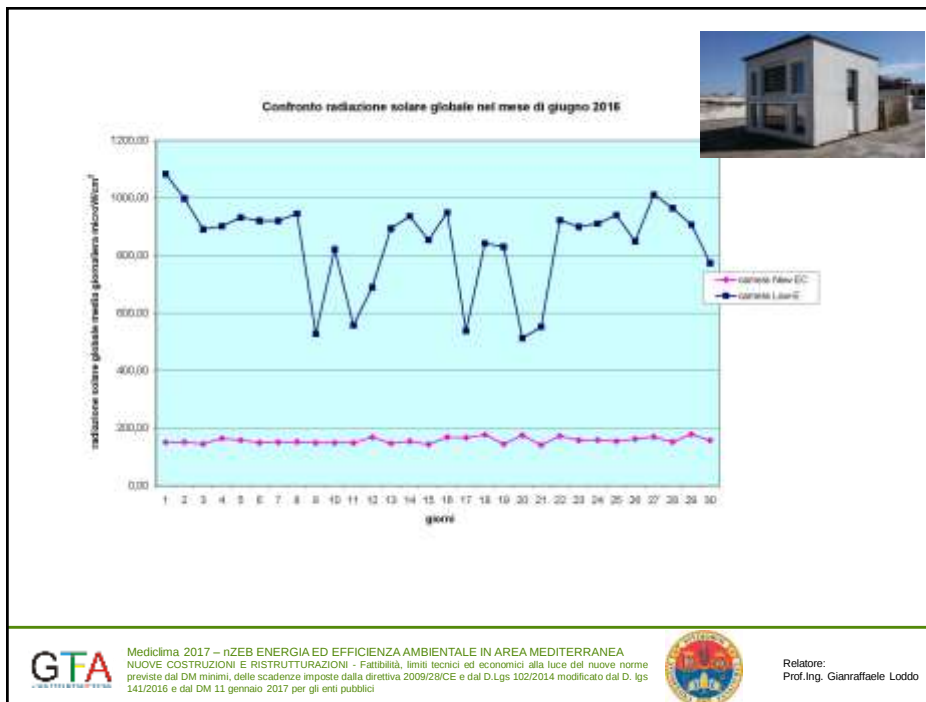
Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
 NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
 previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
 Prof. Ing. Gianraffaele Loddo







APPROCCI ALLO STUDIO DEL FADING (ovvero sul decadimento dei materiali)

Confronto variazioni cromatiche dopo 3 anni di esposizione



Stanza Low E.



Stanza EC

CONCLUSIONI

Criticità:

- I costi
- Il problema dei telai fissi e mobili
- Difficoltà di gestione di combinazioni complesse da parte di un utente "comune"
- Dominante cromatica
- Ottimizzazione delle proprietà per grandi superfici vetrate ($S_{vetrata} > 60\% S_{opaca}$)

Punti di forza:

- Risparmio energetico
- Rispetto ambientale
- Flessibilità di utilizzo stagionale e giornaliero
- Conservazione rapporto interno – esterno
- Semplificazione del sistema infisso – sistema di oscuramento
- Notevole diminuzione dei fenomeni di abbagliamento
- Schermatura quasi totale dai raggi UV (max <0.4%)
- Possibilità di controllo da remoto (App)
- Notevole protezione elementi di arredo e decoro



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo

Grazie per l'attenzione!

DICAAR



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Relatore:
Prof. Ing. Gianraffaele Loddo