



***I progetti sulle energie rinnovabili tra gli impegni di
sostenibilità delle Ferrovie dello Stato***

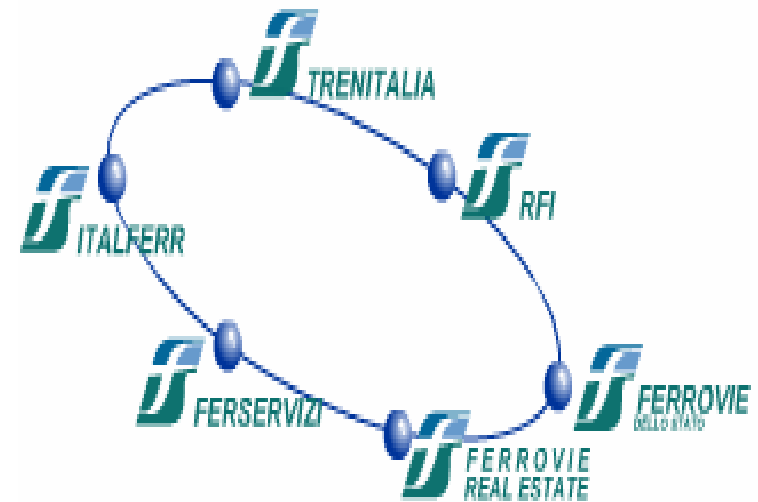
Il progetto PVTRAIN - Trenitalia S.p.A.

Firenze, 17 Giugno 2006

Alessandro Basili

Il Gruppo Ferrovie dello Stato

- Trenitalia, società del Gruppo Ferrovie dello Stato, nasce il 1° giugno 2000 nel quadro del radicale processo di riorganizzazione aziendale in atto dal 1998 in risposta alle direttive europee sulla liberalizzazione del mercato che hanno stabilito, per il settore ferroviario, la separazione tra il gestore del servizio di trasporto e il gestore dell'infrastruttura (oggi RFI).



Trenitalia S.p.A.

- La missione di Trenitalia è quella di assicurare un'offerta in grado di soddisfare, in ambito nazionale ed europeo, le esigenze di mobilità dei viaggiatori in media e lunga percorrenza, in ambito metropolitano, regionale e interregionale, nonché di garantire il trasporto merci, anche oltre i confini nazionali, nel rispetto della sicurezza.
- Trenitalia in cifre:
 - Personale 56.000 addetti
 - Treni viaggiatori / giorno 8.000
 - totale viaggiatori giorno 1.400.000
 - Treni per merci / giorno 1.200
 - totale merci trasportate giorno 250.000 T
 - Capitale investito netto 9.000.000.000 di €

Trenitalia S.p.A.

- Rete ferroviaria 16.000 Km
 - elettrici 10.000 Km
 - diesel 6.000 Km
- La flotta 63.000 mezzi

Treni completi a composizione bloccata	2.054
• Treni Alta Frenquenza (Regionali)	99
• Eurostar	95
• Elettrici (Ale, Le)	1.125
• Diesel (Aln, Ln)	735
Locomotive	2.280
• Locomotive a vapore (ad uso turistico e didattico)	23
• Locomotive Elettriche	1.873
• Locomotive Diesel	384
Locomotive manovra	1.074
• Locomotive Elettriche	5
• Locomotive/Automotori Diesel	1.069
Carri Merci	49.028
Carrozze viaggiatori	8.010
Bagagliai, Postali, Altro	256
Totale mezzi	62.702

Trenitalia S.p.A.

La trazione

- I treni Km/ anno 332.000.000
 - elettrici 277.000.000
 - diesel 55.000.000

- I consumi energetici 1.153.175 tep
 - trazione elettrica 4.500 GWh
 - trazione diesel 111.300 T

- Unità di Traffico 69 Mld

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Il progetto

- Elaborato dalla ex Direzione UTMR (oggi Direzione Ingegneria Sicurezza e Qualità di Sistema) e co-finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del Programma LIFE-Ambiente
- Analizza e sviluppa la tecnologia fotovoltaica innovativa nel settore ferroviario (a bordo treno) con l'installazione di pannelli FV, al silicio amorfo, sull'imperiale di 10 rotabili.
- Sperimenta una tecnologia ad impatto ambientale nullo che permette di contribuire efficacemente al problema del risparmio energetico nel rispetto dell'ambiente.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Da contratto con la Comunità Europea, la durata prevista era di 24 mesi: dal 1 Novembre 2002 al 31 Ottobre 2004.
- Successivamente, la Comunità Europea ha concesso l'estensione del progetto di un ulteriore anno con lo scopo di confermare le performance registrate per un periodo di osservazione più ampio. Pertanto la data di fine progetto è il 31 Ottobre 2005
- Costo totale del progetto: € 1.252.972,00
- Contributo della Comunità Europea: € 616.111,00

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

LIFE - Ambiente

- E' lo strumento finanziario per l'ambiente, istituito nel 1992, che co-finanzia azioni a favore dell'ambiente nell'Unione Europea.
- E' a servizio dello sviluppo sostenibile e mira a contribuire alla elaborazione, all'attuazione e all'aggiornamento della politica e della legislazione comunitaria nel settore ambientale, nonché all'integrazione dell'ambiente nelle politiche dell'UE.
- Ha l'obiettivo anche di sperimentare nuove soluzioni per problemi ambientali.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Obiettivi del progetto

- Dal punto di vista tecnico, il progetto consiste nella applicazione di pannelli FV sul tetto delle carrozze, carri merci e locomotori, per il mantenimento in carica degli accumulatori a bordo, soprattutto durante le soste.
- La sperimentazione dell'applicazione del sistema fotovoltaico, permette di conseguire importanti risultati sia dal punto di vista del trasporto ferroviario che di quello ambientale.
- L'energia pulita generata dai pannelli solari, infatti, consente di ottenere un sensibile risparmio energetico riducendo le emissioni di gas serra nell'atmosfera e la quantità di rifiuti da recuperare o da smaltire.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Obiettivi del progetto

1- Operativo di trasporto

- Maggiore garanzia di buono stato di carica degli accumulatori a bordo rotabile.
- Contenimento dell' esigenza di ricarica degli accumulatori a terra (OCA – Officina Carica Accumulatori).
- Nello specifico per le diverse tipologie di rotabili:

carrozze: ricarica accumulatori in sostituzione dell'alimentazione di rete , sia durante la sosta che in viaggio;

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

locomotori: maggiore garanzia di buono stato di carica degli accumulatori a bordo;

carri merci: per alimentazione

- elettroserrature per merci preziose;
- sensoristica per merci pericolose;
- dispositivo antipattinante;
- GPS - Global Positioning System (modesto fabbisogno elettrico).

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Obiettivi del progetto

2- Ambientale

- Minore produzione di gas serra:

i pannelli FV mantengono in carica gli accumulatori e gli apparati ausiliari dei treni durante la sosta, senza dover ricorrere alle fonti primarie, con una riduzione di 750 g di anidride carbonica immessa in atmosfera per ogni kWh prodotto da fonti rinnovabili anziché primarie a combustione termica.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Riduzione dei rifiuti da recuperare/smaltire:
con l'alimentazione più regolare degli accumulatori tramite energia solare piuttosto che da pantografo (qualsiasi sospensione dell'alimentazione provoca l'azionamento degli accumulatori che vengono così sottoposti a continui cicli di carica/scarica), si ottiene un aumento della vita degli accumulatori (+10/20%), portando il turn over degli stessi da 48 mesi medi a 56 mesi stimati.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Le Tasks del progetto

TASK 1: Scenario Energetico-Ambientale

- Monitoraggio della situazione esistente in relazione ai consumi energetici e conseguente analisi di emissioni inquinanti nel campo della trazione ferroviaria.
- Analisi del mercato nazionale/europeo per pannelli fotovoltaici.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Le Tasks del progetto

TASK 2: Fotovoltaico per mezzi trainati - carrozze

- Progettazione e realizzazione di prototipi di carrozze che utilizzano sistemi di energia rinnovabile per la soluzione alternativa della fase di carica delle batterie.
- Individuazione dei prototipi di carrozze:
 - n°2 carrozze misure tipo Bagagliaio UTMR
 - n°2 carrozza Media Distanza (1 Treno Verde)
 - n°1 carrozza Piano Ribassato

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Le Tasks del progetto

TASK 3: Fotovoltaico per mezzi trainati – carri merci

- Progettazione e realizzazione di prototipi di carri merci che utilizzano energia fotovoltaica come soluzione alternativa della fase di carica delle batterie.
- Individuazione dei prototipi di carri merci:
n°3 carri merci speciali a pannelli scorrevoli (H32) con elettroserrature

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Le Tasks del progetto

TASK 4: Fotovoltaico per mezzi trainanti – locomotori

- Progettazione e realizzazione di prototipi di locomotori che utilizzano energia fotovoltaica come soluzione alternativa della fase di carica delle batterie
- Individuazione dei prototipi di locomotori:
 - n°1 locomotore E 636
 - n°1 automotrice leggera Aln 668

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Le Tasks del progetto

TASK 5: Progetto nuova carrozza Eurostar

- Studio di fattibilità per la realizzazione di un tetto fotovoltaico di carrozza di nuova costruzione.
- Realizzazione di un modellino in scala.
- Stesura di un modello matematico: simulazione degli effetti aerodinamici sul tetto dell'Eurostar.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Le Tasks del progetto

TASK 6: Divulgazione e gestione del progetto

- Attuazione di una strategia di divulgazione dei risultati ottenuti nel corso del progetto.
- Realizzazione di una Newsletter sul sito www.trenitalia.it
- Organizzazione e partecipazione a conferenze sul tema di fonti rinnovabili, ambientale (COP9) e tecnologie innovative (Convegno CIFI – Napoli e Milano, Convegno UIC Energy Efficiency - Parigi).
- Realizzazione di filmato.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Il progetto – I pannelli fotovoltaici

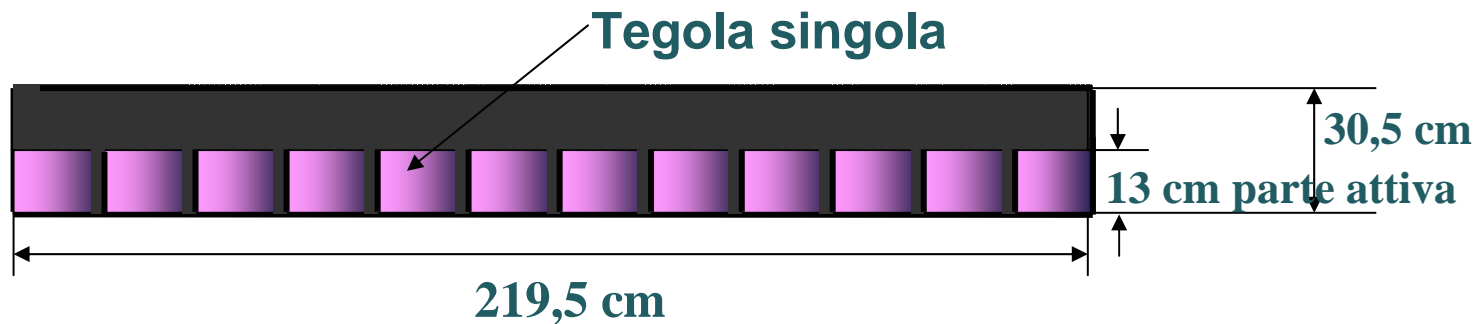
La Tegola fotovoltaica

- Il modulo fotovoltaico al silicio amorfo, utilizzato per l'applicazione sulle carrozze, sottile e flessibile;
- pannelli prodotti con il sistema a Tripla Giunzione;
- le motivazioni che hanno condotto alla scelta di tali pannelli, sono un'ottima efficienza di utilizzo dell'energia luminosa (elevata capacità di catturare la luce diffusa) e l'elevata flessibilità del modulo ovvero di adattamento alla superficie sottostante.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Il progetto – I pannelli fotovoltaici

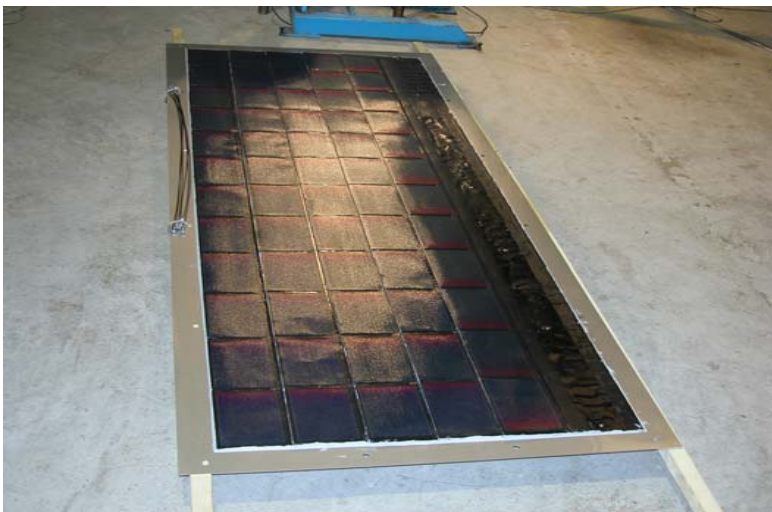
- Prodotto finale è composto da strisce di 12 tegole fotovoltaiche già cablate tra loro di dimensioni 2.195 mm X 305 mm complessivamente con parte attiva di 130 mm (circa 60 Wp/m²).



Prodotto	Potenza erogata (W _p)	Tensione Nominale (V)	Corrente Nominale (A)	Tensione a circuito aperto Voc (V)
SHR-17	17	8,6	2,0	12

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Le necessità applicative richiedono un quantitativo di potenza di picco e tensione nominale che hanno condotto alla realizzazione di matrici di 5 strisce di tegole collegate tra loro in serie (*vassoio* 85 Wp a 40 V).



- Su ciascuna carrozza sono stati installati 16 vassoi disposti su due file da 8 pannelli collegati in parallelo e tra loro collegate in serie così da ottenere 1360 Wp (24m²).

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Il progetto – I pannelli fotovoltaici

Il modulo US 116

- Pannelli al silicio amorfo con cornice in alluminio
- Moduli fotovoltaici utilizzati per l'applicazione su carri merci e locomotori (60 Wp/m²)
- Carri merci 6 m², Aln 18 m² e locomotore 12 m²



Prodotto	Potenza (Wp)	Tensione Nominale (V)	Corrente Nominale (A)	Tensione a circuito aperto Voc (V)
US-116	116	30	3,9	43,2

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

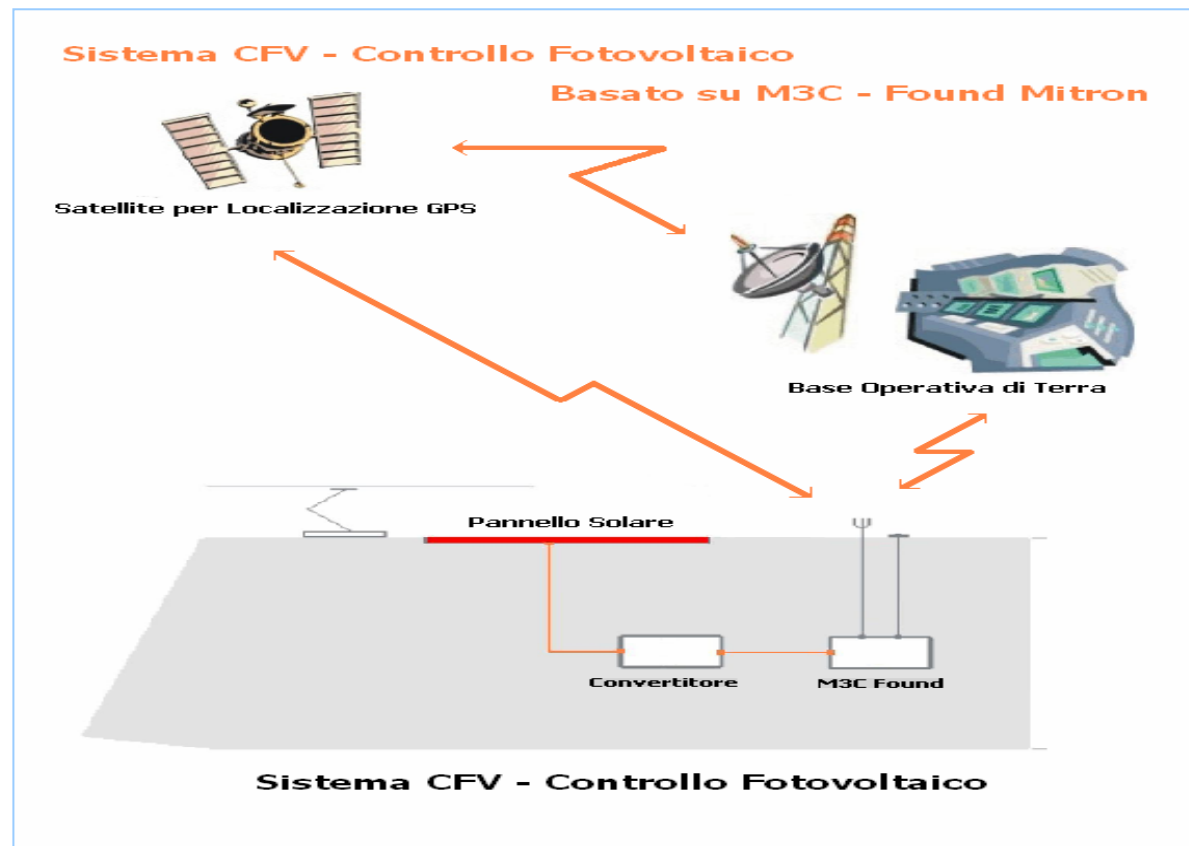
I sistemi di misura

I sistemi utilizzati per le misure elettriche sono di 2 tipi:

- sistema “*field point*” che permette di registrare i dati in modo continuo per più di venti giorni consecutivi, evitando la necessità di presenza costante del personale, per poi scaricarli su un pc portatile
- sistema “*real time*” che consente di avere sotto controllo lo stato energetico giornaliero dei mezzi attrezzati con il vantaggio di misurazioni istantanee visualizzabili su pagina internet

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Il sistema di misura "real time": schema di principio

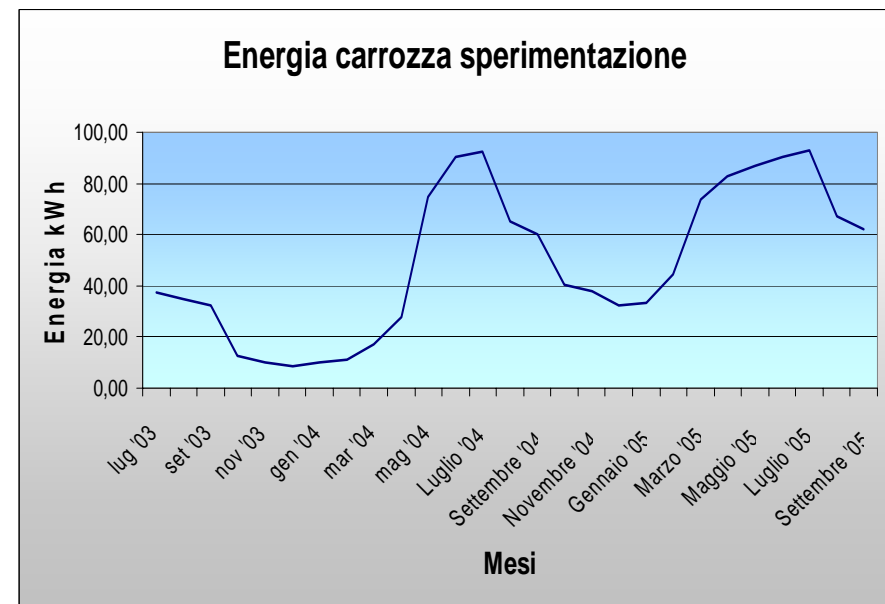
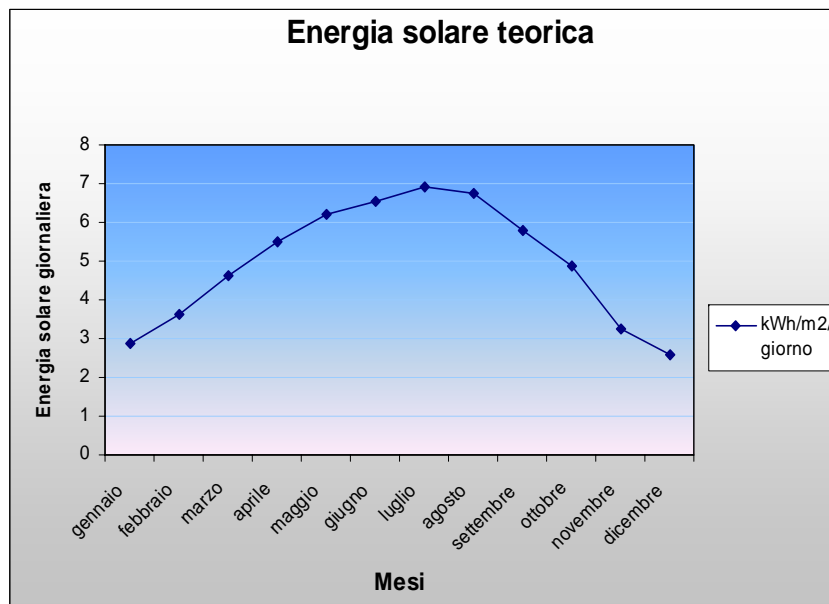


Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Il valore realmente ottenuto e misurato sulla carrozza

Periodo Luglio '03- Settembre '05 = 1330 kWh

Minor produzione di CO₂ per 977 kg



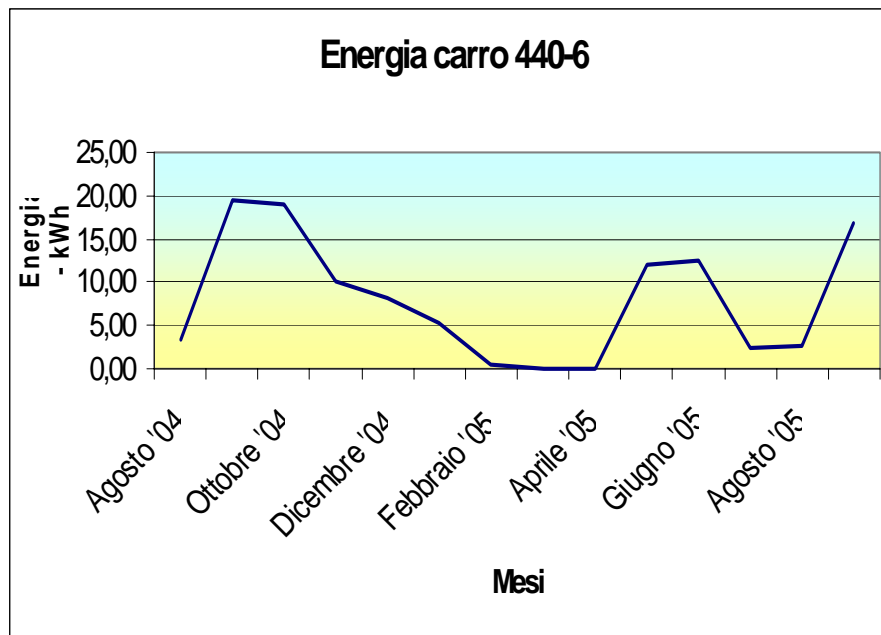
Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Il prototipo carrozza



Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Il valore realmente ottenuto e misurato sulla carro merci



- Energia elettrica misurata (Agosto '04- Agosto '05)

96 KWh /anno

- Anidride carbonica non immessa in atmosfera

72 Kg CO₂/anno

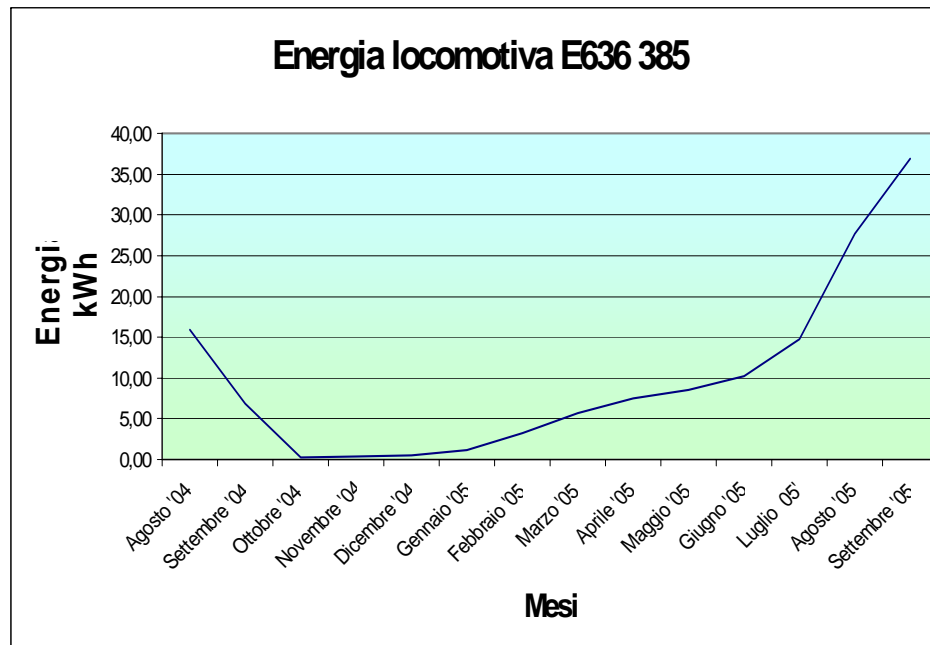
Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Il prototipo carri merci



Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Il valore realmente ottenuto e misurato sulla locomotiva E 636



- Energia elettrica misurata (Agosto '04- Agosto '05)

103 KWh/anno

- Anidride carbonica non immessa in atmosfera

78 Kg CO₂/ anno

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Il prototipo Locomotiva E 636



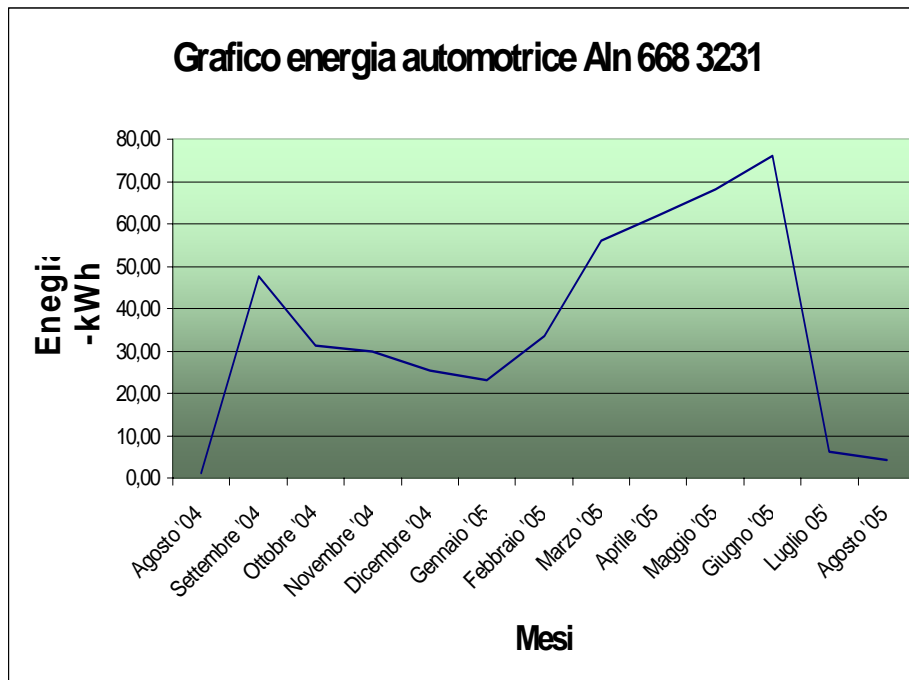
Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Il prototipo Locomotiva E 636: dettaglio del tetto



Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Il valore realmente ottenuto e misurato sulla automotrice diesel AIn 668



- Energia elettrica misurata (Agosto '04- Agosto '05)

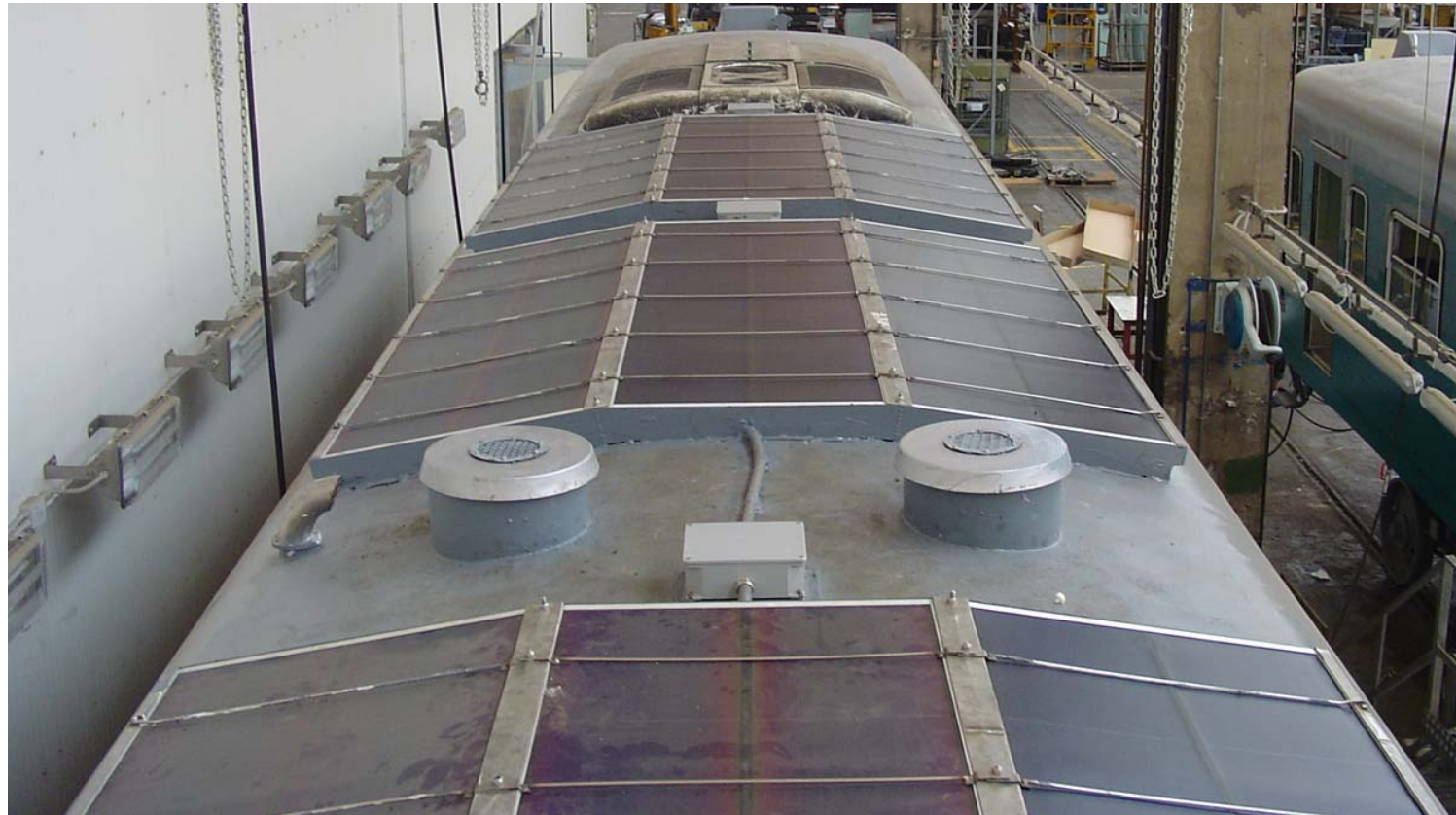
392 KWh/anno

- Anidride carbonica non immessa in atmosfera

295 Kg CO₂ / anno

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- Il prototipo Automotrice Aln 668: dettaglio del tetto



Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Gli scostamenti tra valore reale e valore teorico

- *Le carrozze*: i risultati ottenuti dalle misurazioni rilevano uno scostamento del 5 % rispetto al teorico
- *I carri merci*: i risultati ottenuti dalle misurazioni rilevano uno scostamento del 70 % rispetto al teorico
- *L'automotrice diesel*: i risultati ottenuti dalle misurazioni rilevano uno scostamento del 70 % rispetto al teorico
- *Il locomotore*: i risultati ottenuti dalle misurazioni rilevano uno scostamento del 50 % rispetto al teorico

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Le motivazioni degli scostamenti

- *Carrozze*: il reale flusso di energia, fornito dai pannelli ed assorbito dagli accumulatori, dipende anche dall'effettivo stato di carica degli accumulatori stessi.
- Il sistema fotovoltaico è collegato elettricamente al convertitore che presenta un suo rendimento elettrico che riduce ulteriormente l'energia fornita agli accumulatori che sono ad esso collegati a valle.
- I prototipi sono in movimento (gallerie, viadotti e frequenti zone d'ombra) con conseguente minore rendimento energetico del sistema FV.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

- *Carri Merci*: si utilizza il convertitore *customizzato* per i 10 prototipi sebbene le potenze in gioco permettevano di utilizzare un convertitore più idoneo e quindi di maggiore efficienza.
- *Locomotore*: i pannelli sono posizionati sul piano orizzontale e sul piano inclinato (30°) e si verifica, quindi, una riduzione di efficienza causata dal fatto che quelli posizionati orizzontalmente captano meno luce. Inoltre per i fermi macchina per controlli e verifiche d'officina, i locomotori si possono trovare ricoverati nei capannoni riducendo la produzione di energia FV.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Le ricadute operative in ambito ferroviario

- Una condizione necessaria, sebbene non sufficiente, per la futura applicabilità su larga scala della tecnologia fotovoltaica sviluppata nell'ambito del progetto, sarebbe l'estensione del decreto legislativo del 28 Luglio 2005 del Ministero delle Attività Produttive.
- Tale decreto vede l'incentivazione della produzione di energia elettrica, mediante conversione fotovoltaica, della fonte solare con i Certificati Verdi agli impianti fotovoltaici fissi e non ancora esteso ai mezzi in movimento come appunto il progetto PVTRAIN.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Le ricadute operative in ambito ferroviario

- Tale condizione governativa è necessaria ma non sufficiente per il prosieguo del progetto.
- Infatti per poter pensare, ad esempio ad una estensione sul parco dei carri merci è necessario tener conto del business legato alla protezione del trasporto delle merci preziose e della sicurezza per le merci pericolose.
- Il tema delle carrozze passeggeri passa per un'analisi di sostenibilità economica che possa garantire a regime le economie gestionali legate alla ottimizzazione delle attuali Officine di Ricarica Accumulatori (OCA).

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Le ricadute operative in ambito ferroviario

- I risultati relativi all'automotrice diesel mostrano che il sistema fotovoltaico è sufficiente per il mantenimento in carica degli accumulatori a bordo necessari per l'alimentazione del sistema di avviamento del motore diesel stesso.
- Mentre per i locomotori elettrici attesa la poca disponibilità di spazio per i pannelli, i risultati ottenuti non sembrano incoraggiare l'estensione del progetto su scala industriale.

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train

Vantaggi ambientali se estensione su larga scala

- L'estensione a circa 8.600 carrozze (con vita dell'impianto FV di circa 20 anni):
77.500 tonnellate di CO₂ non immesse in atmosfera
- L'estensione a circa 700 automotrici (con vita dell'impianto FV di circa 20 anni):
3.000 tonnellate di CO₂ non immesse in atmosfera
- L'estensione a circa 200 carri merci (con vita dell'impianto FV di circa 20 anni):
207 tonnellate di CO₂ non immesse in atmosfera

Progetto PVTRAIN - Photovoltaic Train



GRAZIE PER L'ATTENZIONE