



# ACTUATE

*Formazione avanzata per la guida sicura  
ed economica dei veicoli a trazione elettrica  
– Tram –*

[www.actuate-ecodriving.eu](http://www.actuate-ecodriving.eu)



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



## ACTUATE

### Un progetto per ottimizzare le performance di guida per un ridotto consumo di energia

Nell'ambito del progetto ACTUATE sponsorizzato dall'Unione europea sono stati sviluppati, testati e introdotti con successo programmi formativi e misure formative di carattere generale per la guida economica dei veicoli a trazione elettrica nel settore dei trasporti pubblici.

Facendo leva sull'introduzione di percorsi di formazione avanzata per la guida economica e sul potenziale di risparmio energetico dei veicoli a trazione elettrica quali tram, bus ibridi o filobus, è possibile promuovere più efficacemente il rapporto costo/benefici e l'ampia distribuzione di questo tipo di veicoli.

Il progetto ACTUATE pone un'enfasi particolare sull'autista quale elemento determinante per la guida economica. Il progetto prevede inoltre campagne motivazionali di corredo intese a garantire che gli autisti mettano in pratica nel lungo termine le nozioni apprese nel corso delle sessioni formative avanzate.

#### Un progetto inteso a ottimizzare il comportamento di guida...

- per la guida economica sicura dei veicoli a trazione elettrica nel settore dei trasporti pubblici
- volto ad accrescere il rapporto costo/benefici dei veicoli a trazione elettrica nel settore dei trasporti pubblici attraverso
  - lo sviluppo e il collaudo di programmi di formazione per la guida economica e sicura
  - campagne motivazionali rivolte ai conducenti di tram, filobus e autobus ibridi

Questa brochure formativa è stata sviluppata per i veicoli di tipo filobus nell'ambito del progetto ACTUATE.

## CONTENUTI

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>4</b>
1.1	Guida ecologica	5
1.2	Chi beneficia della "guida ecologica"?	6
1.3	Veicoli elettrici – passato e futuro	7
<b>2</b>	<b>Fattori che influenzano il consumo di energia</b>	<b>8</b>
2.1	Il fattore umano	9
2.2	L'infrastruttura e la topografia	10
2.3	Itinerari e resistenza al rotolamento	11
2.4	Che ruolo gioca la velocità	14
<b>3</b>	<b>Controllo del veicolo e alimentazione</b>	<b>15</b>
3.1	Il controllo del veicolo	15
3.2	Alimentazione	18
3.3	Registrare il consumo di energia	18
3.4	Valutazione dei risultati	20
<b>4</b>	<b>Malfunzionamenti</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Scuola guida tram</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Guida ecologica e orari</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Formazione</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>Sintesi</b>	<b>30</b>

## 1 Introduzione

Perché risparmiare energia? L'energia è diventata una risorsa preziosa. Il petrolio, quale fonte di combustibile, non durerà per sempre. Sebbene i veicoli con motori diesel o a benzina siano diventati notevolmente meno inquinanti rispetto a soli pochi anni fa grazie all'introduzione di convertitori catalitici, filtri antiparticolato e altri sistemi, essi continuano comunque a danneggiare l'ambiente. Di conseguenza, è necessario considerare delle alternative, e l'elettricità è un'alternativa pulita.

Tuttavia, esistono svariati metodi che consentono di produrre energia elettrica. Uno di questi è l'utilizzo ancora ampiamente diffuso delle centrali elettriche a carbone. Anche il carbone, tuttavia, non durerà per sempre; senza contare che la produzione di elettricità genera contaminanti che inquinano l'ambiente. Pertanto, l'elettricità viene prodotta in misura sempre maggiore grazie a fonti rinnovabili rispettose dell'ambiente, come ad esempio l'energia eolica, solare o idrica. Questo metodo di produzione dell'energia elettrica è ecologico al 100% e sta acquisendo sempre più importanza.

Tuttavia, fino a quando le energie rinnovabili non riusciranno a soddisfare tutto il nostro fabbisogno energetico, rimarranno da risolvere una serie di problemi. In primo luogo, l'elettricità, una volta prodotta, deve essere trasportata dal sito di produzione al consumatore. A tal fine, è necessario un ampliamento proporzionale delle reti elettriche. In secondo luogo, è necessaria una fornitura di elettricità stabile poiché non si può contare sulla presenza costante del vento o del sole. Inoltre, conservare l'energia elettrica fino al momento in cui sarà necessaria rappresenta un problema. Non vi è ancora un numero sufficiente di centrali di ripompaggio in grado di immagazzinare l'energia elettrica.

L'elettricità è un bene prezioso e non è possibile immaginare le nostre vite odierne senza di essa; pertanto, dobbiamo essere consapevoli dei nostri comportamenti ed essere responsabili nell'uso delle attuali risorse, tanto nella nostra vita privata quanto nella sfera pubblica. I trasporti pubblici locali hanno un ruolo particolare da svolgere facendo da modello. Le moderne tecnologie e l'adozione di comportamenti di guida ecologica da parte degli autisti possono contribuire significativamente al risparmio energetico.

*Tutti i veicoli ferroviari che reimmettono l'energia di frenatura nella rete di trazione contribuiscono a ridurre il consumo di energia*

*Eine Straßenbahn vom Typ NGT 8 vor dem Neuen Rathaus in Leipzig*



*Der Fahrer macht den Unterschied!*

### 1.1 Guida ecologica ("eco-driving")

La guida ecologica può, ovviamente, essere adottata non solo per i tram ma anche per altri veicoli "puliti" come i veicoli ferroviari leggeri, le metropolitane, i filobus, gli autobus elettrici e gli autobus ibridi. I principi di una guida ottimale si possono perciò sintetizzare in questi termini:

*Sicurezza*

*Rapporto costi/benefici*

*Puntualità*

*Orientamento al cliente*

**Ma cosa significa tutto questo in dettaglio?**

#### Sicurezza

La sicurezza è la prima priorità. Tutto il resto deve essere subordinato alla sicurezza! Il termine "sicurezza" deriva dal latino "securitas", che significa "prudenza" o "senza preoccupazione". Questa parola descrive una condizione considerata libera e esente da pericoli. I passeggeri dovrebbero salire su un treno locale "senza preoccupazioni" ed essere trasportati a destinazione in modo "prudente". La guida ecologica corrisponde sempre ad una guida previdente: il non plus ultra in termini di sicurezza quando ci si trova nel traffico stradale.

#### Rapporto costi/benefici

Il rapporto costi/benefici rappresenta una misura generale dell'efficienza e dell'impiego giudizioso delle risorse. L'obiettivo è inoltre quello di utilizzare la minore energia possibile per andare da A a B. Inoltre, una modalità di guida equilibrata, ben ponderata ed efficiente sul piano energetico limita l'usura dei veicoli e dell'infrastruttura (binari e sistemi di linee aeree). Risparmiare energia significa risparmiare denaro!

#### Puntualità

I clienti si aspettano puntualità dal propria rete locale di trasporti pubblici. I servizi non dovrebbero mai lasciare le fermate in eccessivo anticipo. I sistemi di metropolitana riescono a essere più puntuali poiché si muovono in un circuito chiuso senza interferenze legate al resto del traffico. Al contrario, capita purtroppo spesso che i tram e, in una certa misura, i sistemi ferroviari leggeri non riescano a evitare i ritardi lungo il percorso poiché effettuano il proprio servizio accanto ai mezzi di trasporto privati.



*Molte persone  
si affidano ogni  
giorno ad una rete  
locale di trasporti  
pubblici.*



La puntualità non dovrebbe mai essere inseguita a spese di una minore sicurezza (ossia assumendo più rischi mentre si guida). Una guida incauta ad elevate velocità non solo presenta un rischio per la sicurezza, ma aumenta anche l'usura dei veicoli e dell'infrastruttura. Una guida economica e previdente non implica tempi di percorrenza più lunghi, come dimostra l'esperienza acquisita nelle sessioni pratiche dei corsi di formazione sulla guida ecologica tenutisi nelle città partner del progetto ACTUATE (Brno, in Repubblica Ceca, per i tram o Salisburgo, in Austria, per i filobus).

#### **Orientamento al cliente**

L'orientamento al cliente è uno strumento importante per le aziende di trasporto poiché contribuisce a delineare la loro immagine pubblica. L'orientamento al cliente viene spesso definito "assistenza ai clienti" e significa soddisfare i desideri dei clienti circa il servizio di "trasporto passeggeri". A questo si aggiungono servizi quali l'assistenza ai passeggeri con mobilità ridotta durante la salita o la discesa dai veicoli, le informazioni sui prezzi dei biglietti, ecc.

I nostri clienti desiderano avere a che fare con personale competente e non con autisti stanchi e stressati che rispondono a una domanda con un grugnito. Desiderano sentirsi sicuri e protetti (si veda il paragrafo sulla sicurezza).

Un autista che mette in pratica uno stile di guida equilibrato ed economico è meno stressato ed è capace di reagire meglio alle richieste dei clienti (passeggeri). Gli autisti e i passeggeri si sentono più a loro agio e maggiormente sicuri di fronte a uno stile di guida più delicato ed economico.

#### **Chi beneficia della guida ecologica?**

##### **L'autista**

L'autista è più rilassato e meno stressato mentre guida.

##### **Il passeggero**

Il passeggero si sente più sicuro perché percepisce la calma di un autista competente grazie ad uno stile di guida previdente e più delicato.

##### **L'infrastruttura**

L'infrastruttura è soggetta a minore stress in presenza di uno stile di guida previdente e più delicato, e questo implica, ad esempio, un minore livello di usura nei punti e nelle intersezioni dei binari. Nel lungo termine questo si traduce in significativi risparmi nei costi dell'infrastruttura.

##### **Il veicolo**

Sfruttando il rotolamento il veicolo incide in modo più fluido ed è soggetto a minore stress, ad esempio minore usura delle gomme-cerchi o del sistema di controllo elettronico (protezione antislittamento e antiscivolo).

#### **L'azienda**

Beneficerà di un gran risparmio nel lungo termine grazie a un minore consumo di energia, un minor numero di riparazioni dei veicoli e dell'infrastruttura e, magari, anche costi del personale più contenuti grazie a una diminuzione dei giorni di malattia a motivo di livelli inferiori di stress legati all'adozione della guida ecologica e quindi a una maggiore soddisfazione del personale.

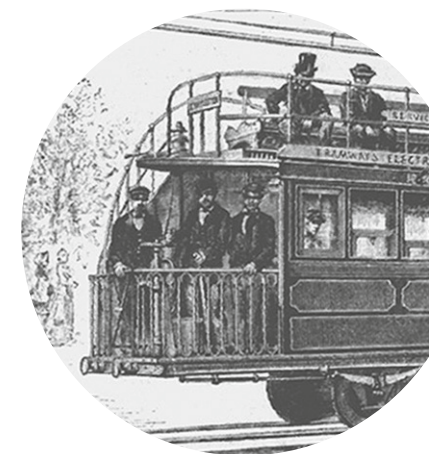
#### **1.2 Presente e futuro dei – veicoli elettrici**

A pensarci bene i veicoli a trazione elettrica sono nati prima delle automobili a combustibile. Il francese Gustave Trouvé costruì il primo veicolo elettrico guidandolo nelle strade di Parigi nel 1881.

Si trattava di un veicolo a tre ruote dotato di un accumulatore piombo-acido e di un motore elettrico. Questo veicolo poteva raggiungere una velocità massima di 12 km/h e percorrere una distanza di 14-26 km. La prima automobile elettrica fu costruita nel 1888 a Coburgo dall'inventore tedesco Andreas Flocken. Si trattò in questo caso del primo veicolo elettrico a quattro ruote. La prima automobile alimentata a combustibile fu sviluppata da Karl Benz nel 1886.

*„eco driving“:  
entspannter und  
stressärmer durch  
ausgeglichene  
Fahrweise*

*La prima linea aerea  
sviluppata da W. v. Siemens*



I primi tram elettrici furono costruiti nel 1881. Con la linea aerea sviluppata da J.C. Henry nel 1884, che era molto simile a quelle utilizzate oggi, le reti dei tram poterono finalmente essere ampliate.

Sebbene i tram di molte città europee furono sostituiti dagli autobus nel corso degli anni '50, attualmente stanno tornando in voga in molte città europee (soprattutto in Francia). I vantaggi dei veicoli a trazione elettrica hanno raccolto il plauso generale. Questi veicoli sono più puliti e più silenziosi dei veicoli a benzina o diesel. Essendo dotati di nuovi sistemi di trazione con freni rigenerativi (grazie ai quali l'energia di frenatura viene reimmessa nella rete di trazione), essi si rivelano di gran lunga più efficienti e più vantaggiosi dal punto di vista economico quando sono in servizio.

Utilizzati quale mezzo di trasporto di massa nelle grandi città, tutti i veicoli ferroviari offrono il vantaggio di trasportare un numero di passeggeri considerevolmente maggiore rispetto agli autobus. Se alimentati anche grazie all'energia verde, i tram, le metropolitane leggere e le ferrovie metropolitane rappresentano i mezzi di trasporto più puliti e più ecologici disponibili.

*Come si dovrebbe risparmiare se non in maniera intelligente?*

Christiane "Tissy" Bruns  
(giornalista)

## 2 Fattori che influenzano il consumo di energia

Nonostante tutti i vantaggi generali sopra menzionati e l'impiego di tecnologie all'avanguardia, i veicoli ferroviari dovrebbero idealmente essere operati in modo da consumare la minore quantità di energia possibile tenuto conto degli elevati costi di produzione dell'elettricità. La "conversione" all'energia verde implica costi aggiuntivi. Uno stile di guida economico e orientato al risparmio energetico è subordinato a numerosi fattori. Vi sono fattori esterni che **non possono** essere influenzati dalla condotta di guida degli autisti. Tra questi vi sono le condizioni dei binari, le condizioni delle gomme/cerchi, la densità del traffico, la topografia, il tipo di veicolo (potenza del motore), il numero di passeggeri a bordo e, naturalmente, la presenza di freni rigenerativi installati sul veicolo. Alcuni fattori, tuttavia, risentono indubbiamente del modo di guidare degli autisti. Tra questi vi è, ad esempio, una **condotta di guida consapevolmente orientata al risparmio energetico, ovvero** che considera se e quando accelerare. Questo stile di guida viene definito **guida previdente**.

Mentre guidiamo dovremmo porci le seguenti domande e rispondere ad esse in modo onesto:

- ▶ Ha senso accelerare al massimo alla partenza se le condizioni dei binari non sono le migliori?
- ▶ Si risparmia davvero tempo se si accelera sino al valore massimo teorico/si opera la massima accelerazione alla partenza, ma subito dopo occorre frenare per fermarsi ad un segnale di stop?
- ▶ Bisogna aumentare la velocità se poco più avanti vi sono punti che posso attraversare solo a bassa velocità?

A voler essere onesti, la risposta a tutte queste domande è un sonoro "NO". In salita bisogna considerare se è necessario mantenere una velocità costante con un basso consumo di energia o se, in alternativa, è necessario accelerare e avanzare per rotolamento. Bisogna considerare il gradiente di pendenza e il sistema di controllo del veicolo. Di seguito viene riportato un esempio di una guida efficiente: se a circa 30 metri dopo un segnale di stop si incontra una serie di punti che possono essere attraversati solo a 15 km/h, appare giudizio accelerare fino a un massimo di 18 km/h circa (ipotizzando un percorso diritto), quindi far passare il veicolo sui suddetti punti, e accelerare subito dopo in base alle condizioni del percorso. Una volta raggiunta la velocità richiesta, utilizzare l'opzione di rotolamento e frenare in modo uniforme alla fermata successiva.

Blick aus dem Cockpit auf eine modernisierte Trasse



### 2.1 Il fattore umano



Gli autisti devono comprendere che uno stile di guida flessibile e orientato al risparmio energetico va a loro vantaggio. La curva di guida ideale in città, senza salite o discese significative, sarebbe la seguente: selezionare una velocità di accelerazione elevata ma uniforme, adeguata alle condizioni climatiche, a quelle del traffico e dei binari, fino a raggiungere la massima velocità desiderata o consentita, lasciare che il veicolo avanzi per rotolamento, quindi frenare in modo uniforme fino ad arrestarlo completamente su uno spazio di frenata abbastanza lungo, ossia, con un livello di frenata/valore nominale medio, tenendo conto dei passeggeri. Questa condotta di guida si applica sia ai veicoli con freni rigenerativi sia a quelli che non ne sono dotati.

I veicoli dotati di un sistema di recupero dell'energia presentano il vantaggio di reimmettere l'energia nella rete di trazione per un tempo più lungo quando si opta per uno spazio di frenata maggiore. Se un veicolo è in grado di immettere nella rete l'energia di frenatura, nella maggior parte delle aziende di trasporti questa energia viene fornita alla barra collettiva della sottostazione e può essere utilizzata in tutti i percorsi ad essa collegati. In questo modo sarà possibile recuperare energia

fino a quasi il 90% da parte di altri veicoli in accelerazione. Il recupero di energia non può avvenire in modo intensivo nelle prime ore del mattino o durante le ore notturne quando gli intervalli tra i veicoli sono molto lunghi. Tuttavia, sono stati sviluppati dispositivi di accumulo di energia che possono essere installati nelle sottostazioni in modo da poter utilizzare l'energia di recupero anche durante i periodi di stasi.

Le aziende di trasporti devono valutare attentamente costi e benefici di questa tecnologia. Lo stesso discorso vale per i dispositivi di accumulo di energia installati sui veicoli, che sono anche in grado di immagazzinare energia in forma provvisoria; questi dispositivi, tuttavia, aumentano il carico assiale e possono incidere negativamente sull'infrastruttura. A prescindere se le sottostazioni sono dotate, o meno, di dispositivi di accumulo di energia, rimane il fatto che se la rete di trazione non è in grado di assorbire energia, l'energia di frenatura viene dissipata dal veicolo attraverso la resistenza. In alcune città europee è ancora possibile trovare veicoli dotati di controllo a reostato. Al fine di disattivare rapidamente le resistenze si dovrebbe selezionare sempre la massima velocità di accelerazione possibile adeguata al percorso e all'aderenza (per una spiegazione si veda il paragrafo 3.1).

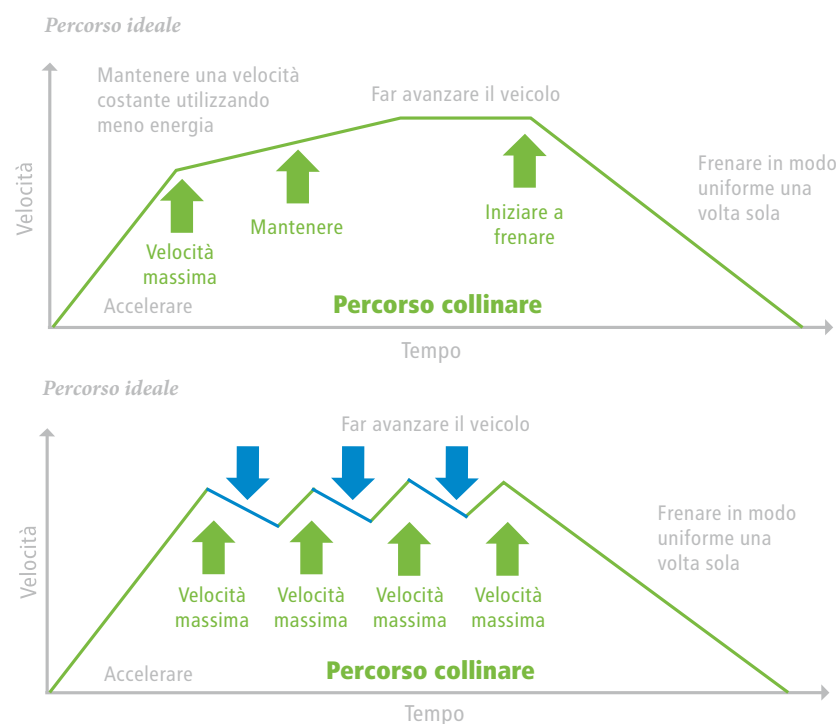


In linea di principio si può affermare che una guida ecologica ideale può essere ottemperata al meglio su binari speciali o corsie preferenziali. Se un tram si trova a viaggiare nel traffico ordinario, ossia tra veicoli privati, si verificano situazioni di traffico costantemente fluttuanti che impediscono all'autista di seguire la "curva di guida ideale". Una condotta di guida previdente è l'unico elemento che aiuta a ottemperare per quanto possibile allo schema di guida ideale. Inoltre, è bene pensare anche a se stessi perché quando si è calmi si adotta una condotta di guida pacata, conducendo il veicolo in modo rilassato e senza stress.

Per concludere, un approccio proattivo a tutte le situazioni e una "buona dose" di calma possono aiutare a risparmiare una gran quantità di energia, non solo in termini di kWh ma anche in termini di nervosismo di chi guida il veicolo.

## 2.2 L'infrastruttura e la topografia

Per quanto riguarda la condotta di guida ecologica, tra i fattori non controllabili vi sono le condizioni topografiche della città (salite e discese ripide) e - dal punto di vista dell'autista - la disposizione dei binari (binari separati dal resto del traffico o posti a livello della superficie stradale). Per quello che riguarda le reti tranviarie in città di collina, di fronte a un percorso in salita vi sono due diverse "curve di guida ideali" a seconda del sistema di controllo



del veicolo. Nei veicoli dotati di controllo automatico della velocità di crociera, è economico far restare il dispositivo di controllo dei flussi di corrente o dell'acceleratore su una posizione precisa al fine di mantenere la velocità al livello richiesto utilizzando poca energia. Questo stile di guida si rivelerebbe particolarmente efficace anche quando il veicolo si trova a percorrere un tragitto in discesa, frenando in modo leggero e costante. L'elettricità di recupero potrebbe essere utilizzata appieno dai veicoli che viaggiano in discesa. Questo presuppone, naturalmente, che essi siano dotati di freni rigenerativi. Se il veicolo è dotato solo di un semplice freno a reostato, l'energia di frenatura viene dispersa attraverso i reostati, come accade ad esempio per il controllo dell'accelerazione in un tram Tatra non ammodernato o nei veicoli dotati di resistenza aggiuntiva. In questo tipo di veicoli è preferibile accelerare in modo rapido e deciso in modo che la resistenza possa essere eliminata rapidamente e la corrente di trazione possa essere utilizzata appieno dai motori (vedere i sistemi di controllo del veicolo al paragrafo 3.1).

La curva di guida ideale sui percorsi collinari dipende dalla lunghezza del percorso, dalla velocità consentita e, come già detto più volte, dal sistema di controllo del veicolo. Di conseguenza, la migliore curva di guida su binari che per una specifica ragione sono incorporati nella superficie stradale è senza dubbio rintracciabile in una condotta di guida previdente e una buona conoscenza del percorso. Seguire la curva di guida ideale è decisamente meno complicato se si è alla guida di una metropolitana o di un sistema ferroviario leggero dove il controllo del treno non è "disturbato" dal traffico dei mezzi privati. Una programmazione ottimale degli orari di servizio può incidere positivamente sul consumo di energia (ad esempio, considerando gli incroci, la variazione dei segnali, ecc.).

## 2.3 I percorsi e la resistenza al rotolamento

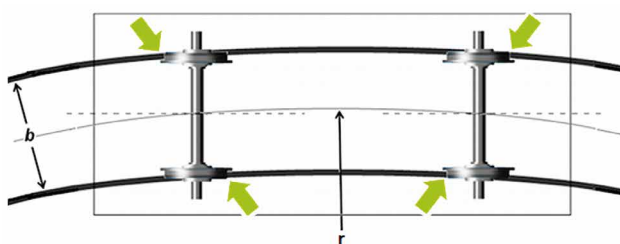
### La trazione...

... è necessaria per generare e mantenere lo stato del movimento.

... contrasta l'inerzia e le forze di resistenza.

... dipende da un adeguato attrito ruota-binario.

La forza  $F$  potrebbe non superare il massimo coefficiente di aderenza (attrito ruota-binario) poiché altrimenti le ruote slitterebbero o scivolerebbero. Per quello che riguarda la dinamica del veicolo, su di esso agiscono di continuo forze e resistenze positive e negative differenti. Le caratteristiche del percorso, invece, comprendono altre forze come quella del piano inclinato, la resistenza in curva e la resistenza dei punti.



La resistenza del piano inclinato dovrebbe essere valutata e compresa in funzione delle condizioni topografiche. Essa converte l'energia potenziale in energia cinetica, e viceversa. La resistenza o la forza del piano inclinato possono conservare l'energia (in discesa) oppure impedirla (in salita). I gradienti sono espressi in ‰ (per mille). La resistenza in curva è riferita alle sale che sfregano sul fungo della rotaia. Questo può provocare uno scivolamento delle ruote dovuto alle differenti distanze che deve percorrere il lato inferiore e quello superiore della ruota.

Al contrario di un veicolo a motore, le ruote di un tram sono collegate in maniera rigida all'asse. In una curva la flangia della ruota è obliqua rispetto al gambo o preme contro il fungo della rotaia. Più piccolo il raggio della curva, maggiore sarà la resistenza. È questo movimento a provocare il caratteristico stridore di questi mezzi, che oggi può essere ridotto grazie ai dispositivi di lubrificazione della curva stazionaria o alla lubrificazione della flangia della ruota montata sul treno. La resistenza dei punti è così bassa da essere trascurabile ai fini

del calcolo. Questa resistenza include scuotimenti e attrito tra le ruote e le controrotaie o i cuori nei punti di scambio. Oltre alla resistenza della linea il veicolo genera anche altre forze. Queste sono la resistenza iniziale, la resistenza dell'aria e la resistenza al rotolamento.

La resistenza iniziale è provocata dall'inerzia fisica. "Un corpo in stato di quiete tende a mantenere il stato di quiete". Questa affermazione è stata fatta da Sir Isaac Newton nel 1687 e formulata nella sua Legge di Inerzia. In relazione alla dinamica dei movimenti del veicolo, significa che la forza originatasi dal motore deve superare varie "resistenze interne", ad esempio il treno di ingranaggi, i vari cuscinetti e la forza del contatto ruota/rotaia prima che il veicolo inizi a muoversi (forza = massa x accelerazione).

La resistenza dell'aria è la forza che il veicolo deve esercitare per spostare l'aria. La resistenza dell'aria quadruplica con la velocità. Dal momento che normalmente i tram non posseggono un profilo aerodinamico, la loro resistenza dell'aria è maggiore rispetto ai treni ad alta velocità come i ben noti Thalys, ICE o TGV, che sono stati progettati con un profilo molto snello. In ogni caso, la resistenza dell'aria non svolge un ruolo così decisivo alle velocità relativamente basse alle quali un tram viaggia mediamente. L'ultima delle resistenze elencate è la resistenza al rotolamento. Se si confrontano le ruote di un tram o di un qualsiasi veicolo ferroviario con quelle di un veicolo a motore, si nota immediatamente la ridotta superficie di contatto delle ruote dei veicoli ferroviari. Tale conformazione delle ruote comporta il vantaggio di offrire una resistenza al rotolamento molto ridotta. A seguito di una breve accelerazione, il veicolo ferroviario ravanzerà per rotolamento ad una velocità pressoché invariata su distanze molto

*Der Rollwiderstand von Schienenfahrzeugen ist durch die geringe Auflagefläche der Räder sehr niedrig.*

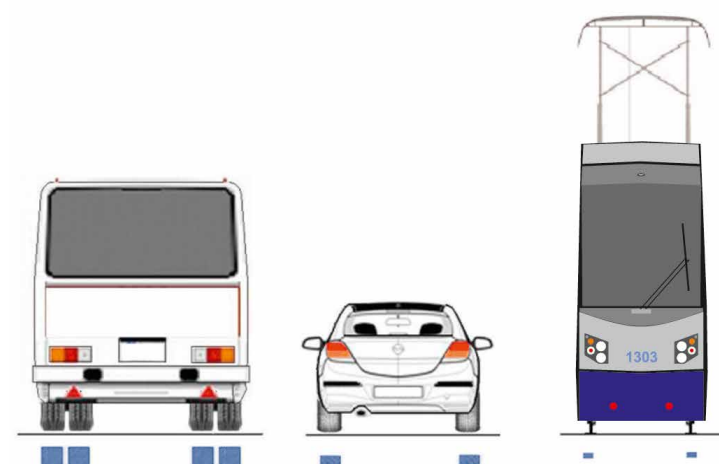
lunghe se si tratta di un percorso pianeggiante. Questo è uno dei principi più importanti della guida ecologica. Al contrario, i pneumatici di un'automobile presentano una superficie di contatto maggiore con la superficie stradale. Se un'auto venisse lasciata in folle su una strada senza dislivelli, perderebbe velocità molto più rapidamente rispetto a un tram a causa dell'elevato attrito volvente tra la strada e il pneumatico. A questo si aggiungono i materiali che entrano in contatto l'uno con l'altro. La superficie levigata della ruota in acciaio e la rotaia in acciaio garantiscono infatti un basso attrito volvente.

Al contrario, la gomma antiscivolo aderisce bene all'asfalto ruvido, e questo è decisamente un vantaggio quando si frena. Tuttavia, nel caso di un tram la superficie minima di contatto fa sì che il veicolo inizi a slittare rapidamente se i parametri pertinenti non sono considerati in modo appropriato. Le gomme e i cerchi nuovi o gli elementi appena sostituiti sono ancora leggermente obliqui e le rotaie con funghi nuovi sono leggermente arcuate: questo riduce ulteriormente l'attrito di rotolamento, ma riduce anche l'aderenza. Anche i cosiddetti "supporti intermedi" rivestono grande importanza.

La presenza di sabbia sulle rotaie genera un effetto "di arresto", l'attrito tra la ruota e la rotaia aumenta, il veicolo si avvia con più facilità e non comincia a slittare durante la frenata. Nei veicoli più moderni l'autista non ha necessità di attivare il dispositivo spandisabbia; questo, infatti, viene attivato automaticamente dal sistema di controllo elettronico quando viene rilevata una disparità tra le velocità di rotazione degli assi del carrello motore o della struttura portante.

Ovviamente l'autista può, e dovrebbe, fare un uso consapevole del dispositivo spandisabbia. Ad esempio, se mentre ci si appresta all'arresto si nota che le rotaie sono sporche di asfalto appena steso, l'autista dovrebbe azionare il dispositivo spandisabbia durante la frenata e non attendere l'attivazione automatica. Anche le foglie cadute, il polline e altri materiali di questo tipo riducono notevolmente l'aderenza facendo sì che il veicolo inizi a slittare maggiormente in frenata e che le ruote slittino alla partenza.

Tuttavia, compensare la scarsa aderenza con una protezione elettronica antiscivolo o antiscivolamento presenta lo svantaggio che il dispositivo entra in azione non appena gli assi mostrano differenze anche minime nella velocità di rotazione. Questo comporta lo spargimento automatico di sabbia nei punti. I punti d'incrocio si riempiono di sabbia, non possono essere spostati dalla potenza elettrica e devono essere puliti con maggiore frequenza. È importante considerare anche questo genere di situazioni anche perché un'azione adeguata consentirà di risparmiare elettricità. Se i punti di contatto non possono essere spostati dalla potenza elettrica, l'autista deve arrestarsi, spostarli manualmente e ripartire.



Vergleich des Rollwiderstand: Bus, Kfz und Straßenbahn



In questo modo il tragitto subirà un'interruzione. Per ripartire è necessaria una potenza elettrica maggiore, senza contare la perdita di tempo che a sua volta provocherebbe ulteriore stress. A questo punto si comprende bene perché è sempre meglio rotolare sui punti senza interrompere il tragitto. È preferibile che non vi sia un'eccessiva quantità di sabbia nei punti per garantire la continuità del percorso. Di conseguenza, in circostanze normali (ossia, in assenza di pericolo), si dovrebbe consentire al veicolo di avanzare in folle su tutti i punti. Durante il rotolamento il veicolo non sparge sabbia poiché le ruote non slittano né scivolano. Quelle appena menzionate sono azioni di minima portata, ma prese nel complesso vale la pena considerarle.

Nei veicoli meno recenti l'autista deve impedire lo slittamento e lo scivolamento azionando manualmente il dispositivo spandisabbia al momento opportuno. Lo slittamento e lo scivolamento provocano inoltre una maggiore usura di ruote e rotaie. Lo slittamento aumenta l'usura delle gomme/cerchi, lo scivolamento provoca sfaccettature rendendo necessario regolare nuovamente i cerchi. Le rotaie sono soggette a maggiore usura in entrambi i casi. Questi sono tutti costi che possono essere evitati adottando una condotta di guida previdente e intelligente.

## 2.4 Che ruolo gioca la velocità

La velocità e lo spazio di frenata hanno un'indissolubile influenza reciproca. Quando si seleziona la velocità, oltre alla resistenza del percorso e del veicolo sopra descritte bisogna considerare diversi altri fattori. Ad esempio, la visibilità, il numero di passeggeri a bordo del veicolo, le condizioni del traffico e le capacità

personali dell'autista. La velocità deve essere selezionata non solo per garantire il costante mantenimento del controllo del veicolo, ma anche per garantire che il veicolo possa essere arrestato in modo tempestivo e senza rischi in qualsiasi circostanza. Lo spazio di frenata stesso è influenzato da svariati fattori.

Ad esempio, la velocità, le condizioni delle rotaie, le condizioni del percorso, la trazione, l'aggiunta di un rimorchio o il tipo di sistema frenante rivestono un ruolo da non sottovalutare. Il fattore più importante rimane la velocità poiché lo spazio di frenata quadruplica con la velocità. In altre parole:

**"Se si raddoppia la velocità, si quadruplica lo spazio di frenata".**

Considerando poi lo spazio di arresto complessivo, bisogna aggiungere il tempo di reazione dell'autista, poiché tale distanza è data dallo spazio di reazione più lo spazio di frenata. Se l'autista ha un tempo di reazione di 1 secondo, percorrerà 13,9 metri alla velocità di 50 km/h. È importante tenere a mente questo dato perché se l'autista è distratto e perde la concentrazione per soli 3 secondi, il tram viaggerà "alla cieca" per 41,7 metri in mezzo al traffico.

*Se si raddoppia la velocità, si quadruplica lo spazio di frenata.*



Das Leipziger Streckennetz umfasst insgesamt 319,1 km.

*In Leipzig werden 98 % der zurück gespeisten Energie genutzt!*

## 3 Controllo del veicolo e alimentazione

Perché il sistema di controllo di un veicolo ferroviario è così importante? Il sistema di alimentazione di un tram è un sistema a corrente continua. Un chopper, ad esempio, è un meccanismo di controllo a basse perdite dei motori elettrici (si veda il paragrafo 3.1). I chopper offrono un'efficienza di controllo maggiore. Quando l'energia di frenatura viene recuperata attraverso la rigenerazione, essa viene reimpressa nella rete di trazione.

Per risparmiare una maggiore quantità di energia, alcuni costruttori di tram hanno sviluppato dispositivi di accumulo di energia capaci di immagazzinare l'energia di frenatura anche quando la rete di trazione non è in grado di assorbirla. Sui veicoli sono installati condensatori a doppio strato (DLC) o batterie.

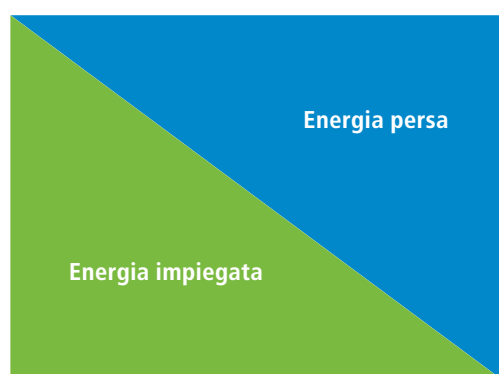
Durante la fase di accelerazione i motori possono attingere elettricità dai dispositivi di accumulo e i condensatori si ricaricano grazie all'energia di rigenerazione della frenata. Si tratta di una eccellente modalità per impiegare l'energia al 100% ma i costi sono ancora decisamente elevati. Se vale la pena o meno sostenere i costi di questa tecnologia dipende in larga misura dall'attuale rete di trazione, dagli intervalli tra i veicoli e dal grado di utilizzo dell'energia reimpressa.





### 3.1 Sistemi di controllo del veicolo

Nel considerare una condotta di guida ecologica occorre anche includere i vari sistemi di controllo del veicolo. Come già detto nella sezione sull'infrastruttura e la topografia, il controllo a reostato rappresenta il meccanismo in uso meno economico.



Per reimmettere lentamente la corrente di trazione nei motori a trazione, la corrente passa attraverso delle resistenze (resistenze in serie) che vengono disattivate in sequenza man mano che i motori sono alimentati dalla corrente di trazione. In passato questo veniva eseguito manualmente mediante una manovella o un meccanismo a cricchetto. L'elettricità viene convertita in calore nelle resistenze. Solo il 50% circa dell'energia assorbita è effettivamente utilizzata. Per raffreddare le resistenze occorre spesso utilizzare delle ventole. Altrettanto spesso si utilizza il controllo dell'indebolimento di campo per aumentare la velocità.

L'indebolimento del campo o shuntaggio (dall'inglese Shunt, derivazione in parallelo) è una resistenza che, dopo aver disattivato tutte le resistenze di serie, viene azionata per funzionare in parallelo rispetto al campo del motore di trazione pertinente (sono possibili anche due resistenze, azionate in parallelo l'una dopo l'altra). L'intensità di corrente del campo principale viene suddivisa nel motore di trazione, mentre la corrente di

armatura viene mantenuta a pieno regime. Questo indebolisce il campo magnetico delle bobine fisse principali mentre l'armatura conserva un forte campo magnetico. In questo modo l'armatura è in grado di girare più rapidamente così da incrementare la velocità. I controlli a reostato e gli shunt si ritrovano ancora oggi occasionalmente nei motori a corrente continua dei tram dotati di collegamenti in serie. I veicoli con controllo a reostato non sono equipaggiati di freni rigenerativi. I controlli a reostato sono inefficienti sia durante la frenata sia durante la trazione. La corrente di frenatura viene convertita in calore attraverso le resistenze e quindi dispersa.

Nell'ottica di continuare a impiegare motori a corrente continua quando si ammodernano i veicoli, il controllo del chopper può offrire una qualità del tutto nuova. Grazie al controllo del chopper, infatti, il campo e l'armatura dei motori sono controllati separatamente. Il chopper scinde la corrente diretta in piccoli impulsi e li invia direttamente al campo e/o all'armatura dei motori a corrente continua. Riducendo la tensione di eccitazione si aumenta il numero delle rotazioni e un calo di tensione dell'armatura provoca più rotazioni. Questo permette di accelerare e frenare in modo uniforme ed efficiente sul piano energetico.

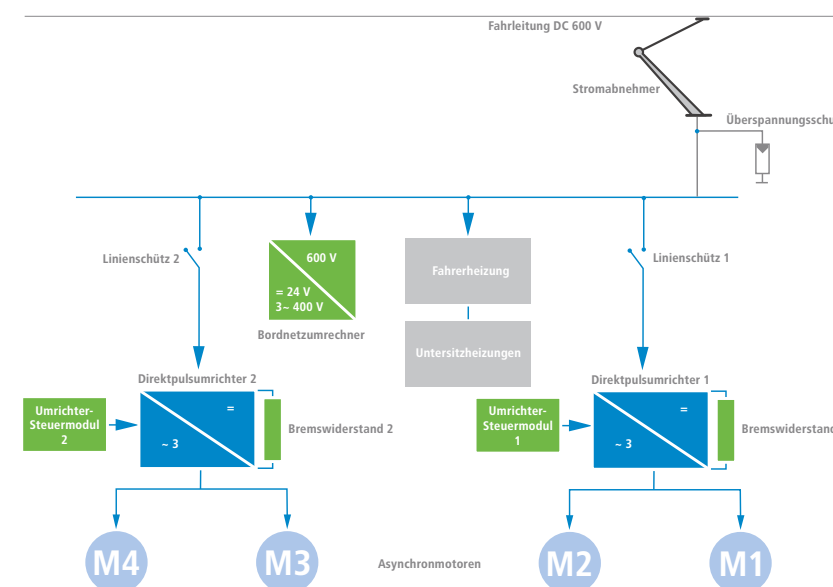
In questa circostanza il veicolo può quindi utilizzare la corrente derivata e attraverso la propria condotta di guida l'autista è responsabile di un assorbimento di corrente efficiente. Impostando correttamente il dispositivo di controllo dei flussi di corrente, l'autista stabilisce l'intensità e la distanza di accelerazione o di frenata del veicolo. Il freno rigenerativo nei veicoli dotati di chopper è un freno a recupero di energia. L'energia di frenatura non utilizzata viene reimpressa nella rete di trazione attraverso la barra collettrice della sottostazione. In aggiunta alla rigene-

razione di energia, in alcuni veicoli l'energia generata dalla frenata viene anche utilizzata per il riscaldamento interno nelle giornate più fredde. I veicoli equipaggiati di motori asincroni trifase rappresentano un ulteriore passo in avanti dal punto di vista tecnico. La corrente diretta è assorbita dalla linea aerea, convertita in corrente alternata attraverso i convertitori di frequenza, e quindi inviata al motore alle relative frequenze. Come sempre, è l'autista a stabilire la quantità di corrente assorbita dalla linea aerea o l'intensità della frequenza di controllo del motore trifase impostando l'accelerazione richiesta sul dispositivo di controllo dei flussi di corrente e, di conseguenza, la relativa quantità di corrente assorbita.

Indipendentemente dalla tecnologia del veicolo, la condotta di guida dell'autista è fondamentale ai fini di un eventuale risparmio di energia. Maggiore l'impostazione del dispositivo di controllo dei flussi di corrente, tanto più alta sarà la corrente assorbita e la capacità di accelerazione del veicolo. Quando si frena la corrente da reimmettere nella rete viene raddrizzata dai raddrizzatori. I motori asincroni trifase praticamente non richiedono manutenzione.

Si tratta semplicemente di una macchina a induzione, anche nota come gabbia di scoiattolo, controllata in genere da un inverter a impulsi diretti (DPI). Il controllo antislittamento e anticivolamento è regolato in modo molto accurato. Il software del veicolo viene adattato in maniera ottimale al veicolo e all'infrastruttura della città. In tutti i tram la corrente viene assorbita attraverso il pantografo e uno scaricatore contro le sovratensioni viene installato immediatamente a valle del pantografo per la protezione contro i fulmini.

L'autista può addirittura incidere sui circuiti ausiliari a 600 V del veicolo, almeno fino a una certa misura. Non può incidere sui consumi del convertitore di bordo, ma può valutare attentamente se accendere l'aria condizionata o il riscaldamento in maniera continua nella sezione passeggeri. Oggigiorno la tecnologia di controllo dei tram è impensabile senza gli inverter a impulsi diretti (DPI) e i transistor bipolari a porta isolata (IGBT). Questo tipo di tecnologia, infatti, è estremamente appropriata per garantire un assorbimento di corrente e un recupero di energia ottimali.



*Bremsenergie  
wird in das  
Bahnstromnetz  
zurück gespeist.*

Der Fahrer gibt die gewünschte Beschleunigung und damit die Höhe der Stromaufnahme vor.

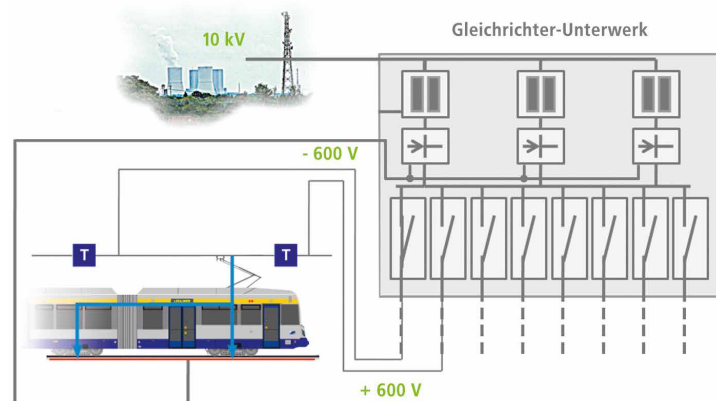


### 3.2 Alimentazione

L'energia viene fornita attraverso le sottostazioni a corrente continua. L'energia elettrica che arriva alla sottostazione dalla centrale viene demoltiplicata e raddrizzata. Questa corrente diretta viene trasferita attraverso i pedali di binario dalla barra collettrice alla rete di trazione, dove può essere utilizzata dai veicoli.

Se un veicolo immette energia di rigenerazione nella rete, questa energia viene inviata alla barra collettrice e può essere utilizzata su tutte le linee collegate alla barra stessa. Inoltre, vi è una connessione attraverso le rotaie dove i cavi di ritorno sono collegati alla sottostazione. Con l'introduzione da parte di un'azienda di trasporto dei veicoli equipaggiati di freni rigenerativi e la messa fuori servizio dei veicoli che utilizzano il controllo delle resistenze, il consumo di energia elettrica globale diminuirà in modo significativo semplicemente grazie alle moderne tecnologie.

Tuttavia, ciò ci riporta al ruolo centrale dell'autista nel risparmiare una maggiore quantità di energia attraverso l'adozione di un'attenta condotta di guida a vantaggio anche dei passeggeri.



### 3.3 3.3 Registrare il consumo di energia

Il modo migliore per misurare il consumo di energia dei singoli autisti è quello di installare dispositivi di misurazione sui veicoli. Registrare il consumo di energia in modo continuo sarebbe sulla carta possibile, ma comporterebbe costi elevati che non tutte le aziende potrebbero sostenere. Un ulteriore ostacolo è rappresentato dalle leggi in materia di protezione dei dati applicate in alcuni paesi le cui disposizioni vietano il monitoraggio diretto delle letture dei consumi per i singoli autisti o la disaggregazione dei dati. Al momento di installare un dispositivo di misurazione occorre verificare in anticipo se le disposizioni di legge o le regole interne (codeterminazione tramite il consiglio dei lavoratori) lo consentono.

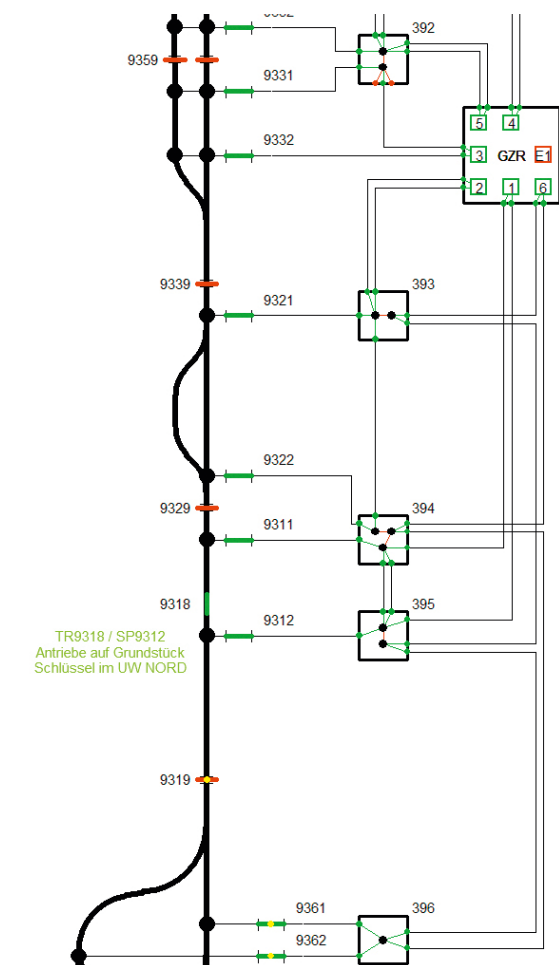
Un altro metodo, sebbene molto costoso e ad alta densità di personale, è quello di misurare il consumo di energia attraverso le stazioni di alimentazione delle sottostazioni. Tuttavia, anche in questo caso, molte aziende non sono

*L'efficacia della moderne tecnologie conta quanto la capacità delle persone che le usano*

autorizzate ad associare i nomi degli autisti ai percorsi per motivi di privacy, anche se questa sarebbe un'opzione teoricamente percorribile.

Questo metodo è stato ad esempio applicato a Lipsia. Sono state effettuate due misurazioni in una sottostazione della città che alimentava una tratta a binario unico, come pure altri percorsi. La prima misurazione è stata effettuata all'inizio del progetto con autisti che non avevano preso parte alla formazione; la seconda circa sei mesi dopo, ovvero dopo che gli autisti avevano seguito la formazione. Nella tratta del binario interessata sono state misurate le letture energetiche di tutti i tram nell'arco di 24 ore. Questa operazione ha richiesto la misurazione manuale di ogni singolo tragitto in entrambi i punti di misurazione (un disgiuntore all'inizio e alla fine della tratta) con l'ausilio di trigger. Nel complesso sono stati così misurati, e successivamente valutati, 156 tragitti. Il tratto a binario unico della sezione misurata è di circa 90 metri (foto a destra).

Utilizzando le risultanti curve di misura è stato possibile trarre conclusioni riguardanti il consumo di energia durante i singoli tragitti. Sono stati registrati i seguenti dati: tensione e corrente nominale, tipo e numero di veicolo, durata del tragitto e se esso era in città o fuori città.

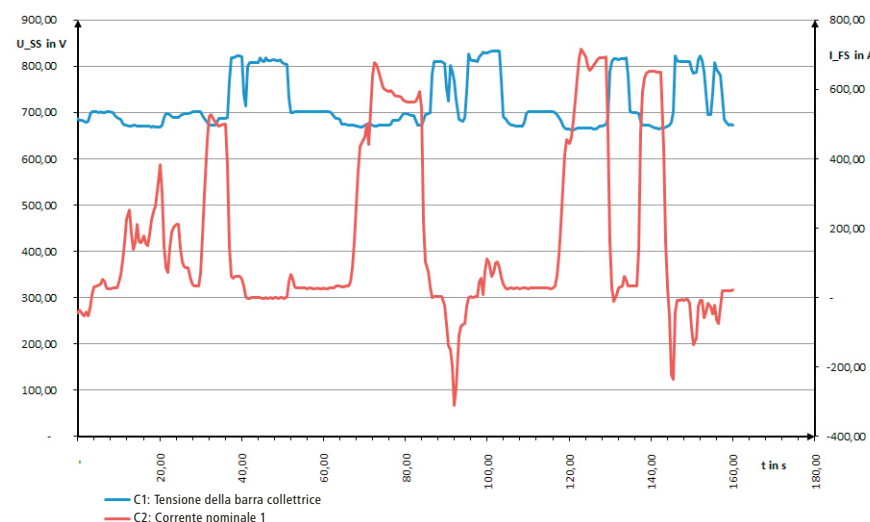


*Auf der Messstrecke wurden Spannungen und Stromstärken aufgezeichnet.*





### 3.4 Valutazione dei risultati mediante il test di Lipsia



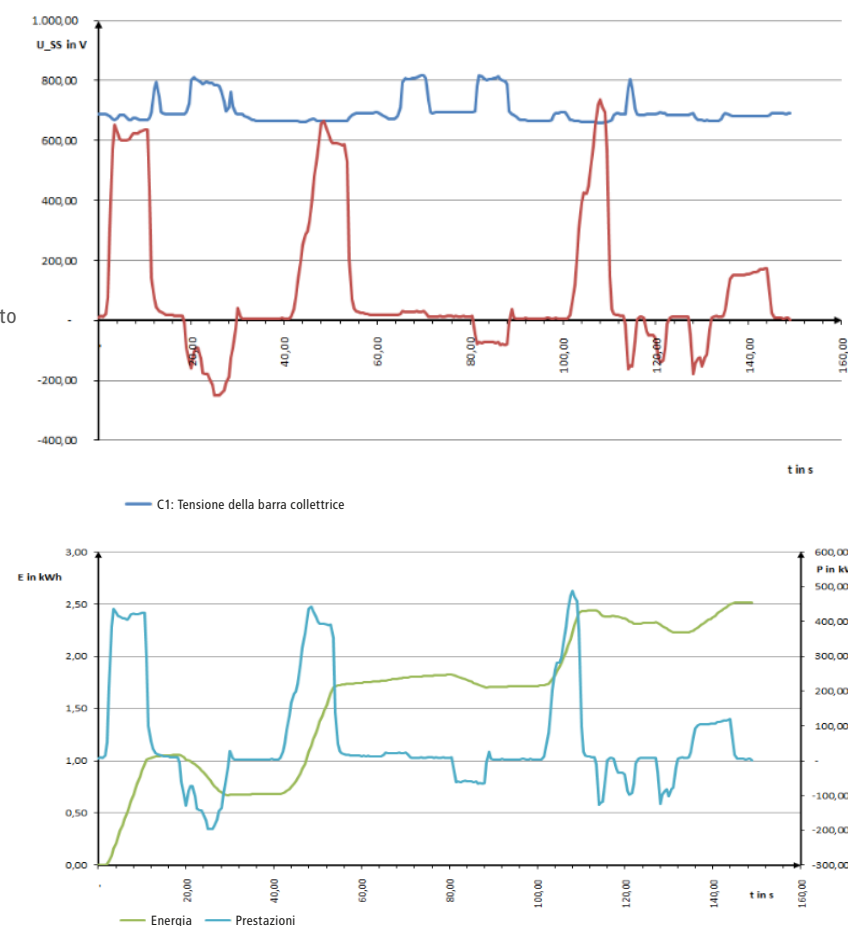
L'attivazione del dispositivo di controllo dei flussi di corrente da parte dell'autista può essere visualizzato nel grafico a sinistra seguendo la curva rossa. Questo esempio mostra come vi siano troppe fasi di accelerazione non controllate e solo pochissime fasi di rotolamento. Il dispositivo di controllo dei flussi di corrente non si trovava quasi mai a zero: questo dà l'impressione che l'autista stesse "giocando" con il dispositivo, spostandolo continuamente in avanti e indietro durante il tragitto. Nelle tratte in cui la corrente nominale (rossa) si sposta verso l'intervallo meno, l'autista sta frenando. Se nello stesso tempo la corrente aumenta (curva blu), l'energia di frenatura viene contemporaneamente usata da un altro veicolo.

La conclusione desumibile è la seguente: **in questo grafico la condotta di guida dell'autista è decisamente antieconomica**. Il consumo di energia per questo tragitto è stato di 5,1 kWh/km.

In seguito alla valutazione delle curve di guida può essere stata formulata una definizione chiara di guida ecologica e possono essere eseguiti calcoli specifici per valutare la quantità di energia che si sarebbe potuta risparmiare se tutti gli autisti avessero osservato le regole di guida ecologica. Tuttavia, i costi dei trigger manuali sono molto elevati. L'esempio che segue mostra come sia possibile agire diversamente da quanto indicato nel precedente grafico. Alle stesse condizioni dell'esempio sopra riportato, è stato registrato un grafico completamente diverso. È qui evidente che l'accelerazione era pulita e il rotolamento è stato utilizzato in modo ottimale.

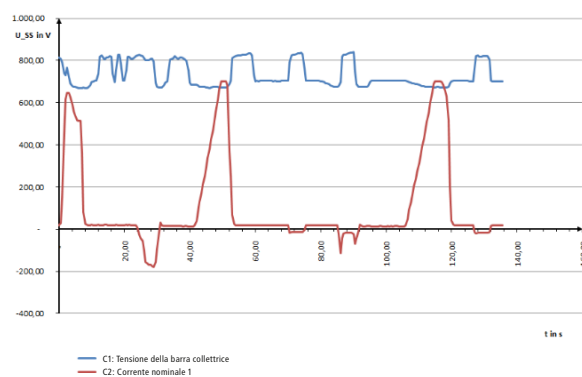


Zero = rotolamento



In questo caso sono stati usati solo 2,6 kWh/km (curva di guida del grafico in basso (blu) e linea verde del consumo di energia → a sinistra). Questo confronto mostra a quanto ammonta l'entità del potenziale di risparmio energetico. L'azienda di trasporti del comune di Lipsia si è data l'obiettivo realistico di un risparmio energetico del 3% mediante la guida ecologica.

Anche la flotta dei veicoli riveste un ruolo importante. Non di rado, infatti, il consumo di energia risulta maggiore nei veicoli più moderni perché il sistema di climatizzazione nella sezione passeggeri incide sui consumi in maniera preponderante. La climatizzazione della sezione passeggeri ha generato un consumo di circa 0,8 kWh per ciascun tragitto misurato. Tecnicamente sarebbe possibile tenerla spenta, ma si tratta di un'opzione impensabile dato che i finestrini della sezione passeggeri sono chiusi. Per quanto riguarda l'assistenza ai clienti, al giorno d'oggi la maggior parte dei passeggeri non intende fare a meno dell'aria condizionata, per cui l'azienda di trasporti deve valutarne attentamente i pro e i contro.

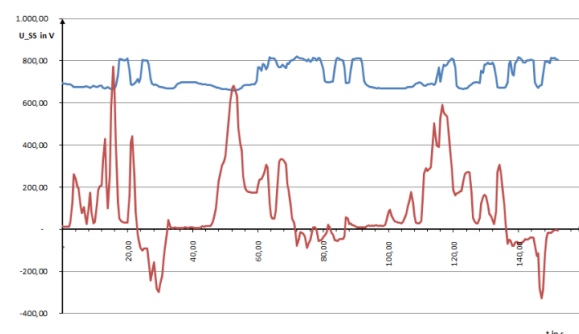


Curva di guida per il Tatra  
(dispositivo con controllo a pedale)

Nel caso di Lipsia, un confronto tra i tipi di veicoli in uso ha rivelato che il T4D-M dotato di controllo del chopper e pedale è quello che ha utilizzato la minore quantità di energia. La cosa più evidente, o comunque strana, è rappresentata dalla forte differenza tra le due curve di guida del T4D-M (controllo a pedale) e dei veicoli che al contrario utilizzano un dispositivo di controllo dei flussi di corrente.

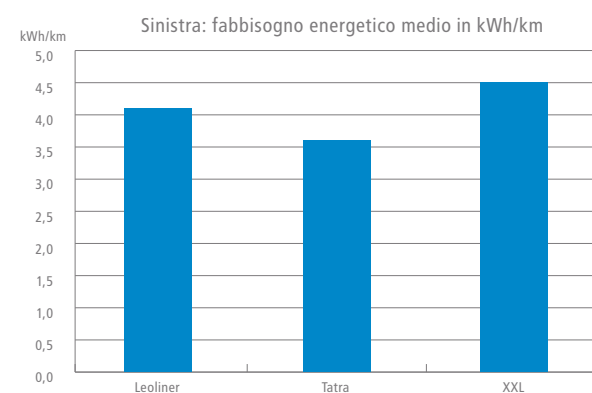
La maggior parte degli autisti ha mostrato una condotta di guida pulita nell'utilizzo della trazione e dei pedali del freno, accelerando e rilasciando il pedale dopo aver raggiunto la velocità in modo da consentire il rotolamento del tram. L'adozione di una condotta di guida disattenta con controllo a pedale è stata pressoché assente.

Tuttavia, è stato notato che la condotta di guida di circa il 40% degli autisti di tutti i veicoli dotati di controlli manuali (dispositivo di controllo dei flussi di corrente) è semplicemente "non ottimale", cosa che, ovviamente, è in netto contrasto con una condotta di guida orientata al risparmio energetico. Le curve di guida mostrano che il dispositivo di controllo dei flussi di corrente (soprattutto il noto dispositivo XXL (NGT 12) induce molti autisti a "giocare" con esso senza riflettere. I risultati di Lipsia dimostrano quanto



curva di guida per l'NGT 12  
(dispositivo di controllo dei flussi di corrente)

sia importante preparare gli autisti ad adottare una condotta di guida orientata al risparmio energetico.



Il diagramma a barre illustra un confronto tra 3 veicoli a Lipsia. Il T4D-M (Tatra) costruito dalla società CKD di Praga (solo controllo a pedale, assenza di aria condizionata nella sezione passeggeri) ammodernato nel 1994 con l'aggiunta del controllo del chopper, il Leoliner NGT 6 (assenza di aria condizionata nella sezione passeggeri) fornito da Heiterblick GmbH nel 2006,

*Der Fahrgast nimmt eine vorausschauende und gleichmäßige Fahrt mit hohem Rollanteil positiv wahr.*



*Dobbiamo pagare per l'energia di cui abbiamo bisogno*



e il modello NGT 12 (dotato di aria condizionata nella sezione passeggeri) fornito da Bombardier nel 2006. Questi risultati pongono agli autisti le seguenti domande riguardanti la guida ecologica: la reintroduzione del controllo a pedale dovrebbe essere presa seriamente in considerazione? Il controllo a pedale permette di risparmiare energia? Siemens, ad esempio, sta costruendo "Avenio", veicolo che segna un ritorno al controllo a pedale, su esplicita richiesta di alcuni committenti belgi.

**Per raggiungere l'obiettivo di sostenibilità, l'azienda di trasporti del comune di Lipsia offre ai propri autisti di tram delle sessioni di formazione pratica durante l'orario di lavoro.**

Come aiuto motivazionale sono stati distribuiti bloc-notes, biro, una brochure formativa e un opuscolo con le linee guida più importanti sulla risoluzione dei guasti per tutti i tipi di veicoli. Agli autisti è stata rilasciata una "patente ecologica verde" che dà diritto al titolare a partecipare a una tombola di fine anno. Al termine di ogni sessione formativa, gli autisti devono completare un questionario sul tema della sessione stessa.

Il progetto ACTUATE è stato presentato ad altre scuole guida tedesche per autisti di tram. Gli istruttori di guida possono completare una formazione per "moltiplicatori" erogata nel corso di tre workshop. La guida ecologica dovrebbe diventare un argomento di conversazione in tutta Europa, perché l'energia deve essere risparmiata ovunque.





## 4 Malfunzionamenti

Non è possibile fare generalizzazioni sui malfunzionamenti dei veicoli a causa della diversità dei sistemi impiegati nei tipi di veicoli disponibili in Europa. Ogni città in cui esista una rete tranviaria ha dei tram propri appositamente costruiti. Ogni tram è diverso e adattato ai desideri dei clienti. Nel settore dei tram non è possibile usare standard comuni poiché le singole esigenze delle città e le relative aziende di trasporti tramviari sono troppo diverse.

Tuttavia, in presenza di un malfunzionamento, tutte le aziende applicano il seguente principio: Sicurezza - Risparmio - Segnalazione. Se il danno colpisce la linea aerea, tutte le parti penzolanti devono essere sempre considerate parti sotto tensione. Il punto interessato dal malfunzionamento deve essere messo in sicurezza per evitare il contatto con le parti non funzionanti. La corrente diretta è particolarmente pericolosa poiché comporta per le persone il rischio di choc elettrici fatali, se non viene prontamente scollegata. In genere i pedali di binario si disattivano immediatamente nella sottostazione, ma la linea aerea può restare sotto tensione se non ha un contatto con la terra.

Tale contatto si verifica nel caso in cui un soggetto tocchi la linea aerea. In questo caso il circuito di binario si disattiverrebbe prontamente interrompendo l'alimentazione alla sezione, ma per la persona colpita potrebbe essere troppo tardi. Di conseguenza, è bene prestare la massima attenzione quando si è in presenza di correnti elettriche. Le attuali normative in materia di salute e di sicurezza dei paesi interessati dovrebbero essere rispettate e dovrebbe essere fornita una regolare formazione.

*Der Fahrer  
handelt nach dem  
Grundsatz:  
SICHERN  
RETTEN  
MELDEN*



## 5 Che ruolo svolgono le scuole di guida per tram?

Le scuole di guida per tram dei singoli paesi sono responsabili per l'erogazione della migliore formazione possibile, e di una formazione avanzata per gli autisti tenendo nella dovuta considerazione l'insieme delle attuali condizioni di legge.

Per offrire un corso di formazione di guida ecologica ben congegnato, l'attenzione principale deve essere anzitutto rivolta alle caratteristiche della flotta di veicoli esistente. Gli autisti conoscono bene i veicoli? Che dimestichezza hanno con la gestione dei guasti? Qual è lo stato attuale (livello di consumo di energia) e quale finalità si intende raggiungere mediante il corso di formazione?

È importante poi fissare un obiettivo realistico, ad esempio un risparmio del 3% come nel caso di Lipsia. Le figure coinvolte devono avere chiaro in mente l'obiettivo che può essere raggiunto ed è importante stabilire entro quanto tempo raggiungerlo. L'obiettivo deve essere quindi comunicato, e qui entra in gioco il supporto della direzione aziendale.

Una volta raggiunto l'obiettivo, non si dovrebbe consentire alcun margine di compiacenza. È infatti molto importante, sebbene molto difficile, garantire che la nuova capacità di guida ecologica sia mantenuta nel tempo.

*Es gibt nur eins,  
was auf Dauer  
teurer ist als Bildung:  
keine Bildung!*

*John F. Kennedy*



Ad esempio, potrebbe essere utile mettere in campo un programma di formazione online, la periodica ripetizione delle sessioni formative o ancora la diffusione di questionari in forma di cartolina.

L'esperienza desunta dal progetto ACTUATE ha dimostrato come piccoli omaggi (come ad es. tazze da caffè, porta pranzo, biro) offerti in segno di ringraziamento o come promemoria sono stati accolti favorevolmente dagli autisti delle aziende che partecipavano al progetto.

*Se opportunamente  
istruiti si ha la capacità  
di fare quasi tutto senza  
perdere la calma e la  
fiducia in se stessi*

Il successo della formazione dipende, naturalmente, da una scuola guida ben equipaggiata e da istruttori competenti, convinti dell'utilità della formazione, e che possano agire ad un tempo come figure modello e dotate di autorità. La finalità della scuola di guida per tram dovrebbe essere quella di portare a termine tutte le attività commissionate con la massima qualità e gli standard più elevati.

Questo implica anche che anche gli istruttori di guida dei tram siano a loro volta ben formati e, ove possibile, abbiano completato una formazione riconosciuta (caposquadra, formatore, tecnico). Il loro livello di conoscenze e la metodologia d'insegnamento utilizzata devono essere aggiornati costantemente attraverso sessioni formative avanzate..

Inoltre, un buon corso di formazione dipende dalla qualità delle dotazioni delle aule formative, come pure dai veicoli e dalle tecnologie di misurazione impiegati. Ausili moderni quali:

- computer portatile
- proiettore LCD
- lavagna bianca o nera
- lavagna di sughero
- lavagna a fogli mobili

dovranno essere resi disponibili.

*Moderne Technik  
in den Unterrichtsräumen:  
Beamer, Laptop  
Whiteboard, Flipchart,  
Pinnwand*



## 6 Guida ecologica e orari

La condotta di guida ecologica descritta in questo documento deve essere impartita allo studente nel corso della formazione per autisti. Purtroppo, al termine della formazione tutti i fattori contribuiscono a fare sì che gli autisti "dimentichino" le nozioni apprese.

La parola chiave "efficienza dell'orario" fa dimenticare ad alcuni autisti tutte le loro buone intenzioni. Per rendere l'orario quanto più efficiente possibile in termini aziendali, l'intenzione è quella di offrire il minor numero di percorsi possibili. Tuttavia, a un numero più ridotto di percorsi corrisponde un numero minore di autisti. A tal fine, i tempi di percorrenza e i tempi di trasferimento da un capolinea all'altro devono restare quanto più brevi possibile.

In caso di tratte lente, ingorghi stradali e cambi di turno, alcuni autisti rincorrono semplicemente il tempo senza pensare. In queste circostanze utilizzano raramente il rotolamento e, al contrario, passano dalla massima accelerazione alla frenata. Ma allora, la guida ecologica ha davvero un impatto così negativo sugli orari da far dimenticare tutti i buoni propositi? No, perché essa non fa guidare più lentamente, ma solo più economicamente.

Tuttavia, per sviluppare questo tipo di condotta di guida è necessario pensare in prospettiva quando si è alla guida. L'autista deve riconoscere se vale la pena accelerare o semplicemente lasciare che il veicolo avanzi per rotolamento.

Si tratta di una decisione non sempre semplice. Un ingorgo stradale all'ora di punta non scompare con un tocco di bacchetta magica; l'autista, tuttavia, in questi casi può provare a guidare il veicolo nel modo più fluido possibile e lasciarlo rotolare il più a lungo possibile. La guida ecologica è possibile anche a basse velocità, ma ovviamente dovrebbe essere supportata da elementi tecnici.

È opportuno stabilire un'interazione con i sistemi semaforici in modo da poter attraversare un incrocio senza doversi fermare. L'installazione sul tram di un dispositivo che indichi se l'autista sta guidando in modo economico (simile agli indicatori di consumo di combustibile installati sugli autoveicoli) può rivelarsi un aiuto efficace per gli autisti. Esistono anche dispositivi che indicano all'autista se accelerare o rotolare. In definitiva, non è sempre facile bilanciare gli interessi di tutti e ogni società di trasporti deve decidere in proprio quale pacchetto di misure per la formazione e la conformità alla guida ecologica desidera introdurre.

*In der  
Ruhe liegt  
die Kraft!*





## 7 Formazione

Vi sono due modi per erogare formazione sulla guida ecologica. Per quello che riguarda il primo metodo, sono gli stessi istruttori della scuola guida a formare gli autisti. L'ammissibilità di questo metodo dipende dalle dimensioni dell'azienda e dal numero di istruttori, come pure dai carichi di lavoro formativi della scuola guida. Ancora una volta, ogni azienda dovrà adottare da sé questa decisione.

Il secondo metodo consiste nel selezionare alcuni dipendenti (ad esempio aspiranti autisti) i quali riceveranno dalla scuola guida una formazione completa e intensiva in materia insieme a istruzioni metodologiche. Questi dipendenti ben formati fungeranno poi da moltiplicatori e passeranno agli altri autisti le conoscenze che essi avranno acquisito. La scuola guida dovrà completare un piano formativo che includa la flotta dei veicoli, la topografia, le condizioni del traffico in città e gli orari generali o i tempi di percorrenza (l'attuale efficienza degli orari dell'azienda). Di conseguenza la formazione può essere descritta solo in termini generali. La formazione con l'ausilio dei moltiplicatori si svolge in due fasi. La prima fase consiste nell'impartire una formazione teorica ai moltiplicatori. Questa formazione prevede le seguenti materie:

- ▶ Sicurezza
- ▶ Dinamica del veicolo
- ▶ Fattori che influenzano la dinamica del veicolo
- ▶ Tecnologia dei veicoli
- ▶ Alimentazione
- ▶ Salute e sicurezza sul luogo di lavoro
- ▶ Risoluzione dei guasti
- ▶ Condotta di guida e rapporto costi/benefici
- ▶ Metodi didattici e suggerimenti per insegnare ad altri la condotta di guida

La parte pratica comprende la conduzione vera e propria del tram dal punto di vista della guida ecologica con la supervisione e gli insegnamenti dell'istruttore di guida: ad esempio, l'applicazione della teoria appresa (ripetuta) nella pratica. L'istruttore di guida deve impartire istruzioni sistematiche. Una volta terminata questa formazione, i moltiplicatori formeranno gli altri autisti accompagnandoli lungo i percorsi. Questa formazione dovrebbe durare uno o due circuiti completi del percorso (a seconda della lunghezza).



Successivamente potranno essere fornite le "regole d'oro" della guida ecologica, ad esempio sotto forma di opuscolo, con le regole stampate sulla copertina e le istruzioni per la risoluzione dei guasti applicabili alla flotta di veicoli incluse all'interno dell'opuscolo. Allo scopo di motivare gli autisti e i moltiplicatori si potrebbe per esempio introdurre una sorta di classifica tra i team di autisti ai quali sono assegnati uno o due moltiplicatori. Il miglior gruppo del mese con i suoi moltiplicatori riceverà un piccolo segno di riconoscimento, dal momento che la formazione dei moltiplicatori non raggiungerà il successo desiderato senza fattori motivazionali.

### *Le regole d'oro:*

1. **Accelerare il veicolo in modo lento e uniforme**
2. **Tenere conto dell'aderenza durante l'accelerazione**
3. **Dopo aver raggiunto la velocità richiesta mettere in folle e lasciare che il veicolo avanzi per rotolamento**
4. **Pensare sempre in prospettiva quando si è alla guida**
5. **Iniziare a frenare in tempo utile**
6. **Frenare in modo uniforme**

Per far sì che il tema della guida ecologica sia fissato in modo permanente nella mente degli autisti, è bene ricordare loro sempre e costantemente l'importanza di risparmiare energia. Questo può avvenire, ad esempio, attraverso una breve sessione formativa pratica per gli autisti nel corso dell'anno successivo. Gli autisti partecipano a sessioni formative di tre ore spalmate su tutto l'anno come riesame pratico svolto dalla scuola guida. Questo permetterà di verificare ancora una volta i risultati della guida ecologica in un gruppo di 4-5 partecipanti.

Anche gli effetti sul consumo di energia dovranno essere ripetuti durante la formazione sul campo:

- ▶ Condotta di guida
- ▶ Condotta di guida previdente
- ▶ Manutenzione del veicolo e assistenza
- ▶ Volume del traffico
- ▶ Topografia
- ▶ Condizioni delle rotaie
- ▶ Tipo di veicolo
- ▶ Volume dei passeggeri
- ▶ Motivazione



## 8 Sintesi

Quello del risparmio energetico è diventato un tema importante in tutta Europa. Molte città e costruttori di tram spendono somme ingenti nella individuazione e nello sviluppo di misure di risparmio energetico e di energie rinnovabili. Questo è un investimento sicuramente utile perché guarda ad un futuro dal quale tutti trarremo vantaggio. Risparmiare energia significa risparmiare denaro e proteggere l'ambiente.

Proprio come le aziende di trasporti, non dimentichiamoci che possiamo risparmiare energia anche a casa. Stiamo usando elettrodomestici che rispettano l'ambiente? Spegniamo le luci quando usciamo da una stanza? La TV è sempre accesa anche se nessuno la guarda? Chiedetelo a voi stessi!

*Estratto da notizie e comunicati stampa sul web:  
Citazione: Vienna, giovedì 10 luglio 2014  
Contatto con i media; Veronika Gasser*

**"Un risparmio energetico superiore al 13%  
Il progetto di ricerca Ecotram è giunto al termine.**

*Il tram a risparmio energetico della Wiener Linien ha effettuato servizio sulla linea 62 fino a maggio nell'ambito del progetto Ecotram, con lo scopo di individuare possibili risparmi energetici nei sistemi di riscaldamento, ventilazione e climatizzazione dei tram a pianale ribassato. Negli ultimi 10 mesi il progetto ha permesso di registrare dati preziosi sui consumi energetici per i servizi ai passeggeri. Ecotram ha risparmiato circa 4.200 kilowatt ore ossia più del 13% di energia per il riscaldamento, la ventilazione e la climatizzazione nel corso del medesimo periodo. Questo corrisponde all'equivalente del consumo energetico annuo di un nucleo familiare medio in Austria."*

Questo articolo tratto da un quotidiano austriaco serve a illustrare l'importanza di questo tema per tutti noi e il contributo che tutti noi siamo chiamati a dare nel risparmiare energia e conservare le risorse. Dobbiamo essere attenti nell'utilizzare l'energia e non dovremmo tollerare gli sprechi. Il percorso che va dalla generazione di energia al consumatore è un percorso molto lungo.

Il potenziale offerto per il risparmio energetico attraverso la guida ecologica dei tram è illustrato, ad esempio, dai risultati delle misurazioni energetiche effettuate a Lipsia. Ogni azienda che si prefigge di risparmiare energia con autisti ben formati può utilizzare questo opuscolo formativo, adattarlo alla propria città o alle condizioni locali e mettere in pratica il concetto di formazione.

Il presente opuscolo, sviluppato sotto la direzione dei partner del progetto di Lipsia nell'ambito del progetto ACTUATE, consentirà di iniziare ad affrontare il tema del risparmio energetico attraverso la guida ecologica a livello aziendale.

Auguri di ogni successo!



*Pubblicato da:*



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH  
Georgiring 3, 04103 Lipsia  
Telefon: +49 (0341) 492-0  
Telefax: +49 (0341) 492-1005  
E-Mail: info@lvb.de  
Sito web: www.lvb.de

*Equipe di progettazione e redazione:*

Frank Hausmann  
Renate Backmann

*Versione:*

Dicembre 2014  
Con riserva di errori di stampa..

*Contatti:*

Rupprecht Consult – Forschung & Beratung GmbH  
Dr. Wolfgang Backhaus  
Clever Straße 13 – 15  
50668 Colonia, Germania  
Tel.: +49 (221) 60 60 55-19  
E-Mail: w.backhaus@rupprecht-consult.eu  
Sito web: www.rupprecht-consult.eu

*Layout, progettazione e implementazione:*

HOFFMANN SCHAFT – Agentur für Werbung  
Dufourstraße 4, 04107 Leipzig  
Sito web: www.hoffmannschaft.de

*Foto:*

Joachim Donath, archivio LVB

La responsabilità dei contenuti di questa pubblicazione ricade esclusivamente sugli autori e non riflette necessariamente l'opinione dell'Unione europea. Né l'EASME né la Commissione europea sono responsabili dell'uso che potrebbe essere fatto delle informazioni contenute nella stessa pubblicazione.

*I partner di ACTUATE :*



Il consorzio ACTUATE è formato da cinque aziende di trasporto pubblico operanti a Salisburgo (Salzburg AG, Austria), Brno (DPMB, Repubblica Ceca), Parma (TEP S.p.A., Italia), Lipsia (LVB, Germania) ed Eberswalde (BBG, Germania), che già gestiscono veicoli a trazione elettrica. Partecipano, inoltre, la Leipziger Aus und Weiterbildungsbetriebe (LAB), la scuola guida per autisti di bus a Lipsia, il costruttore belga di autobus Van Hool e trolley:motion, l'associazione internazionale per la promozione di sistemi innovativi di E-Bus a emissioni zero (Austria). Il progetto è coordinato da Rupprecht Consult GmbH (Germania).



*Se opportunamente  
istruiti si ha la  
capacità di fare quasi  
tutto senza perdere la  
calma e la fiducia in  
se stessi*



.....

[www.lvb.de](http://www.lvb.de)  
[www.actuate-ecodriving.eu](http://www.actuate-ecodriving.eu)

.....



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate

