

L'ADERENZA

www.ferrari.com



00:00.000



L'ADERENZA



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Prof. Ing. Mattia Strangi

Università degli Studi di Bologna

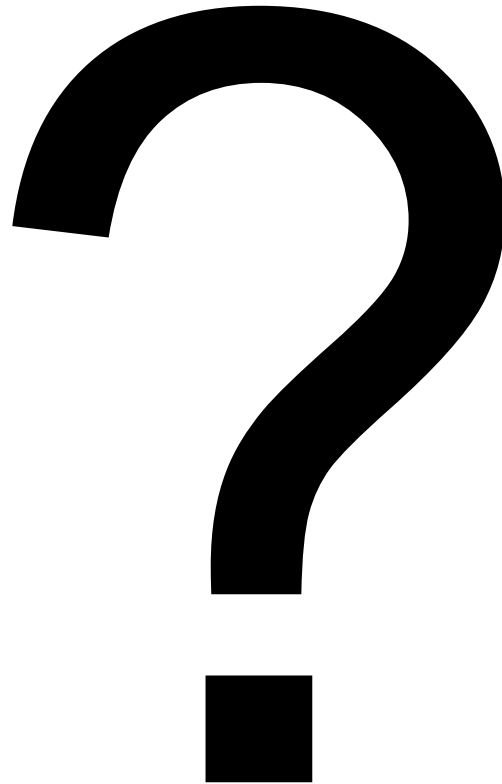
Dipartimento DICAM – Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali – www.dicam.unibo.it

e-mail mattia.strangi@unibo.it

Ricevimento previo appuntamento.

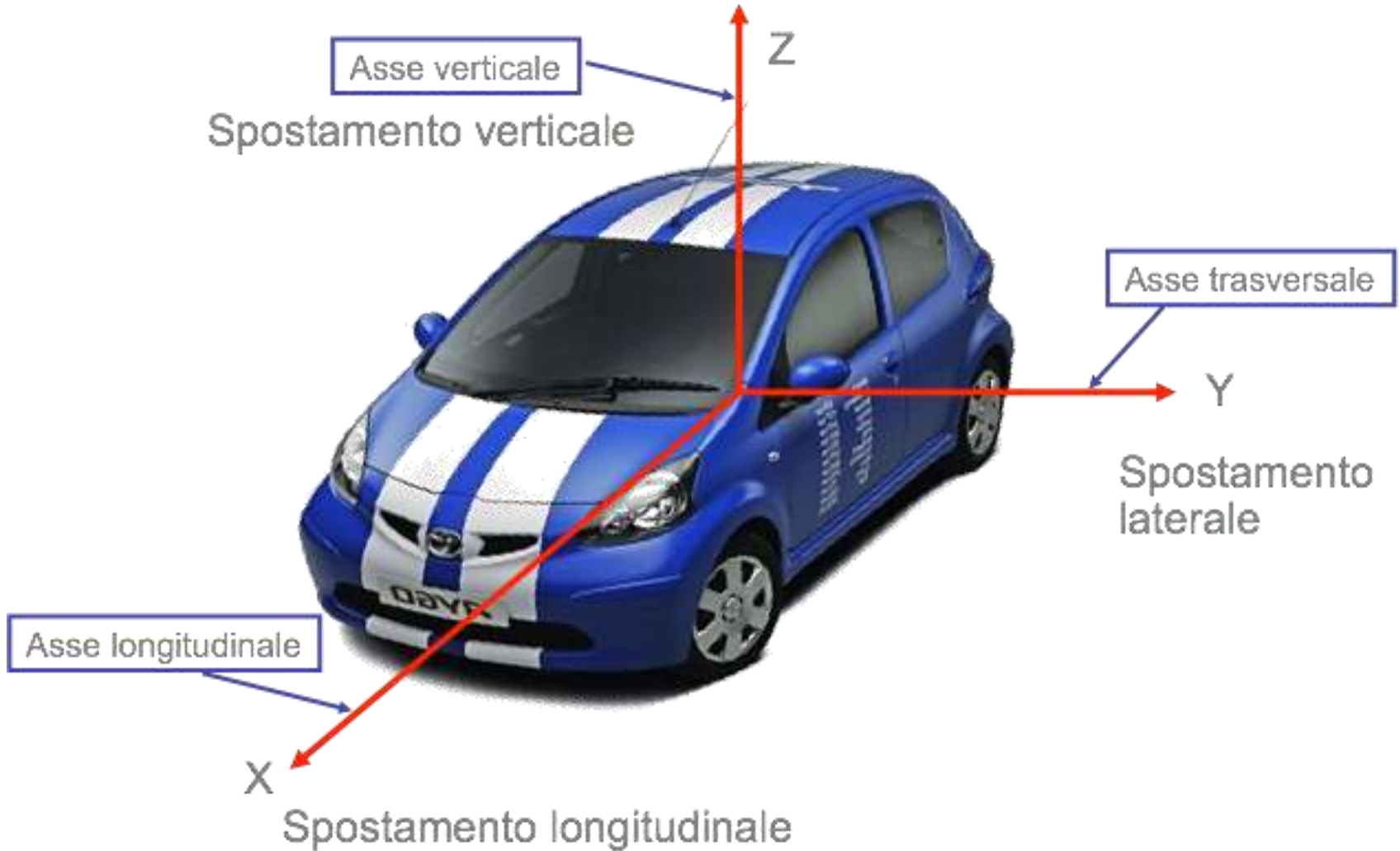


VISITE IN AZIENDA

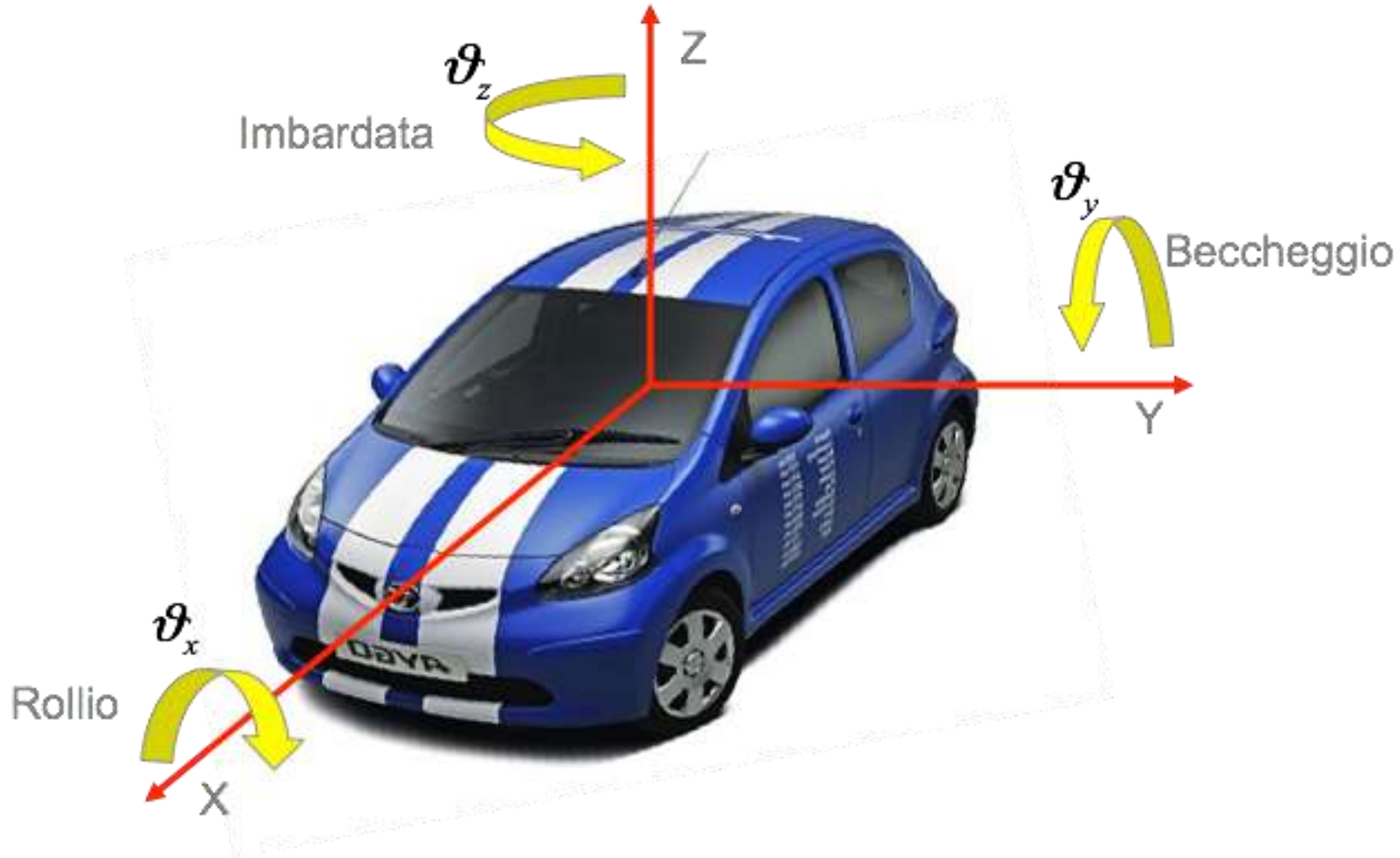




L'ADERENZA

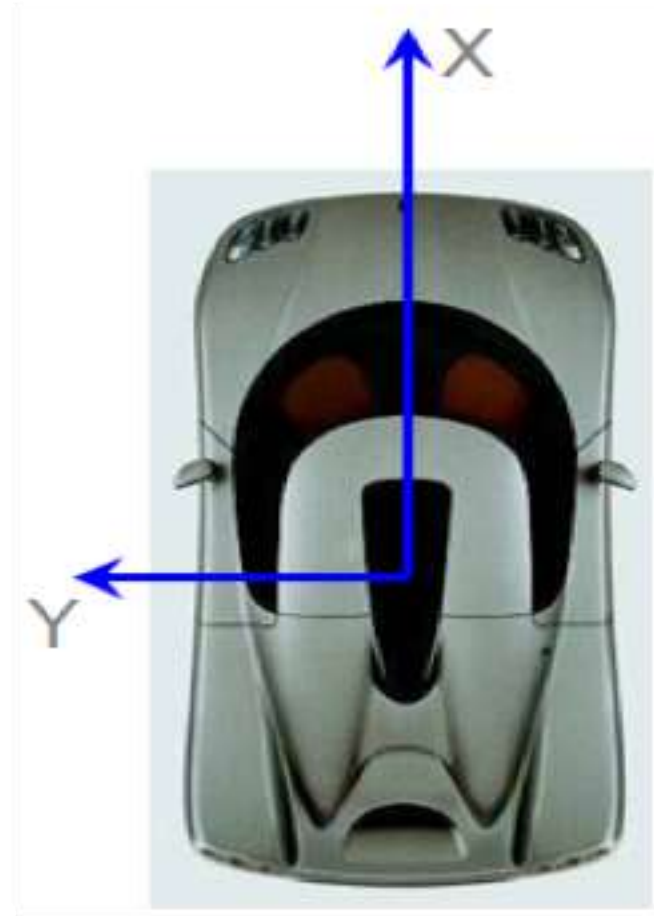


L'ADERENZA



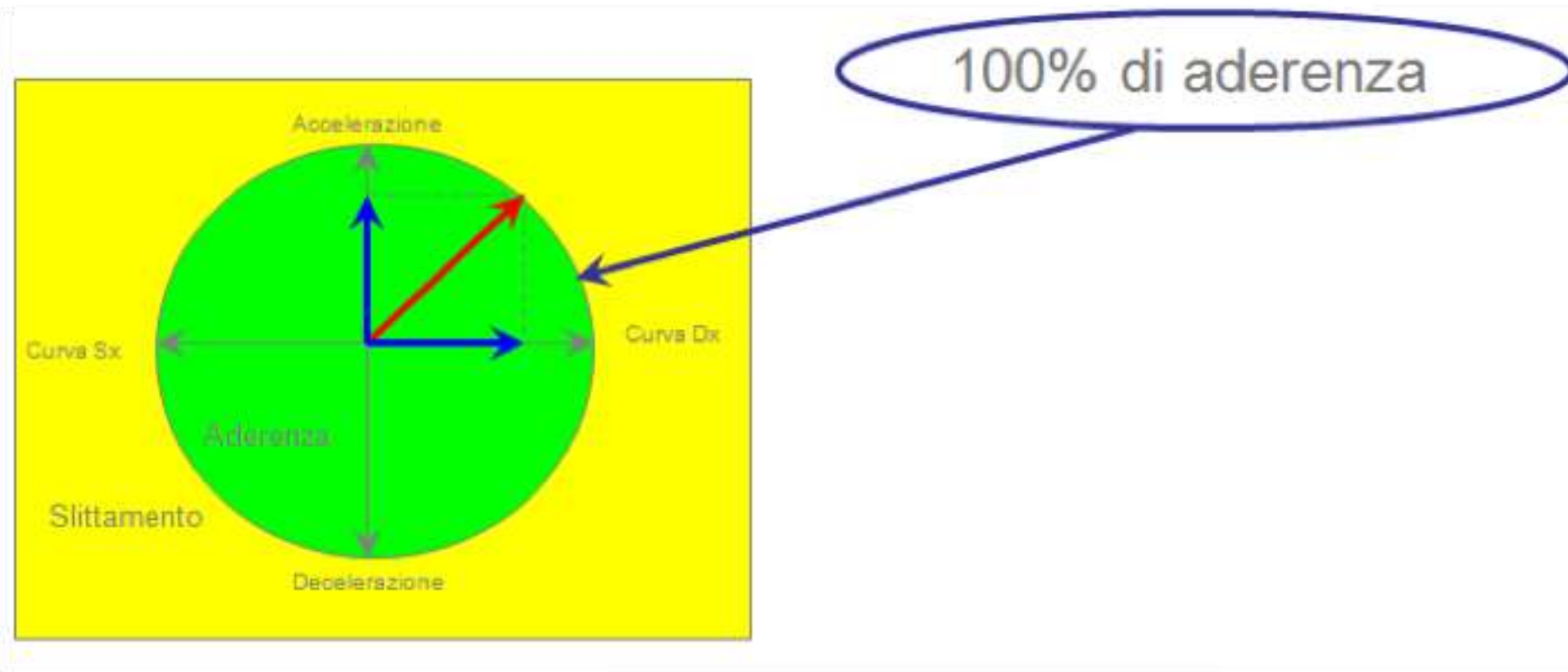
L'ADERENZA

L'aderenza massima disponibile sul terreno può essere rappresentata come un cerchio.



L'ADERENZA

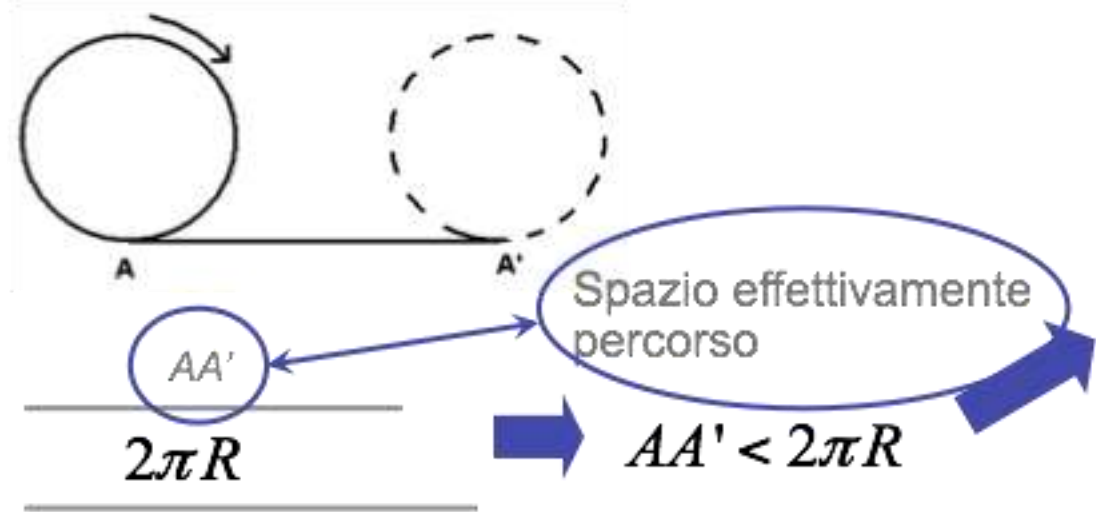
Il raggio rappresenta in tutte le direzioni la forza disponibile.



Quando ne impegno una parte lungo l'asse X riduco quella disponibile lungo Y.

L'ADERENZA

La deformazione della ruota comporta uno scorrimento (dissipazione di energia-resistenza al rotolamento).



Scorrimento

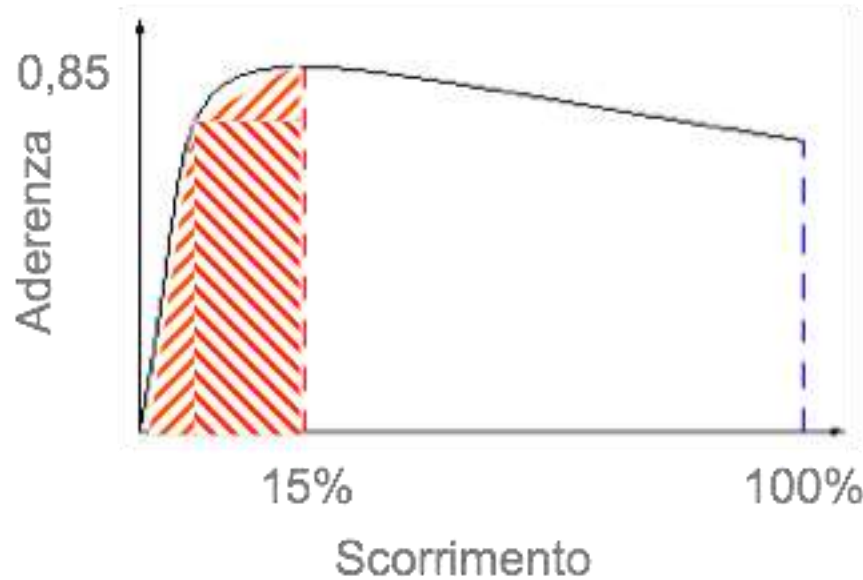
$$S = \left(1 - \frac{L}{\pi D} \right) \cdot 100$$

dove $L=AA'$

La ruota avanza meno del suo sviluppo geometrico.

L'ADERENZA

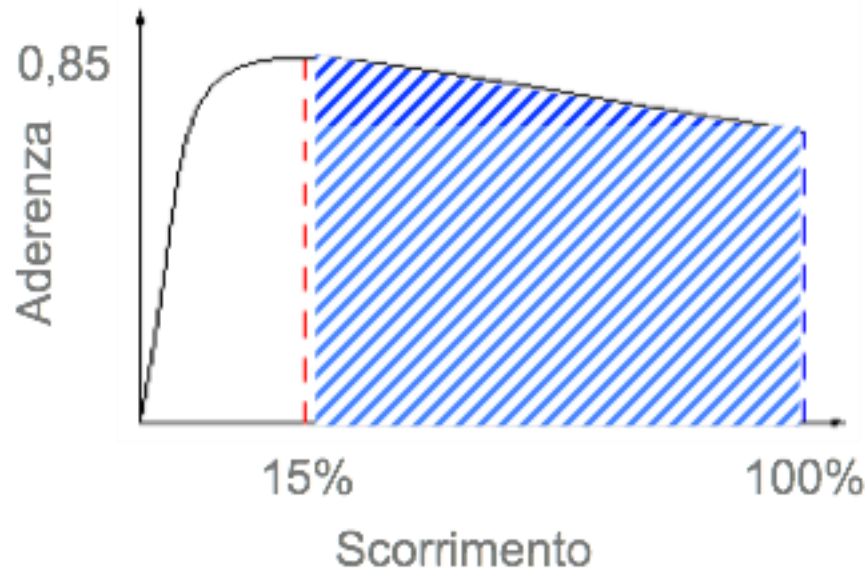
Il valore massimo di aderenza si ha per uno scorrimento del 15%, fino a tale valore il moto si considera convenzionalmente di puro rotolamento.



Rotolamento

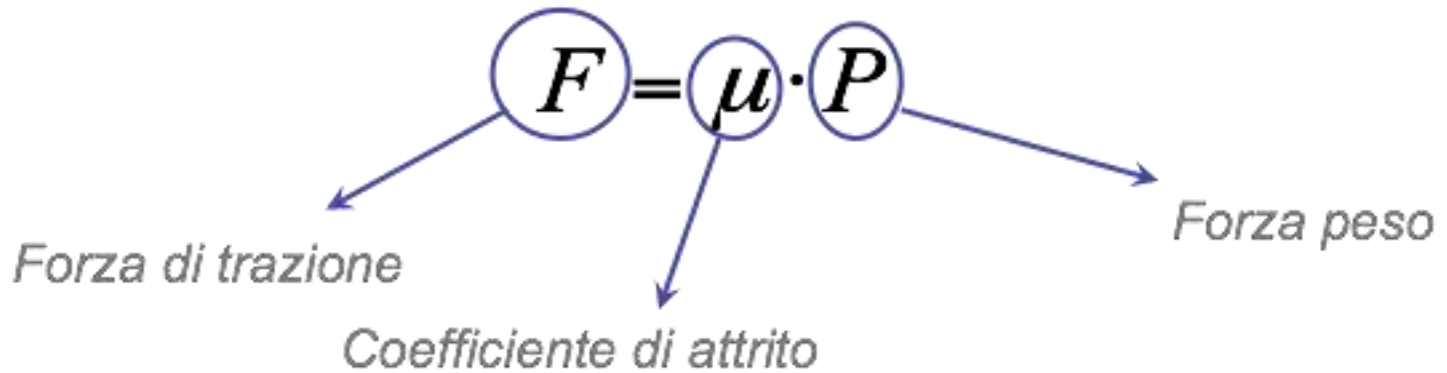
L'ADERENZA

Indicativamente oltre il 15% si ha un passaggio immediato dalla condizione di aderenza a quella di slittamento.





L'ADERENZA

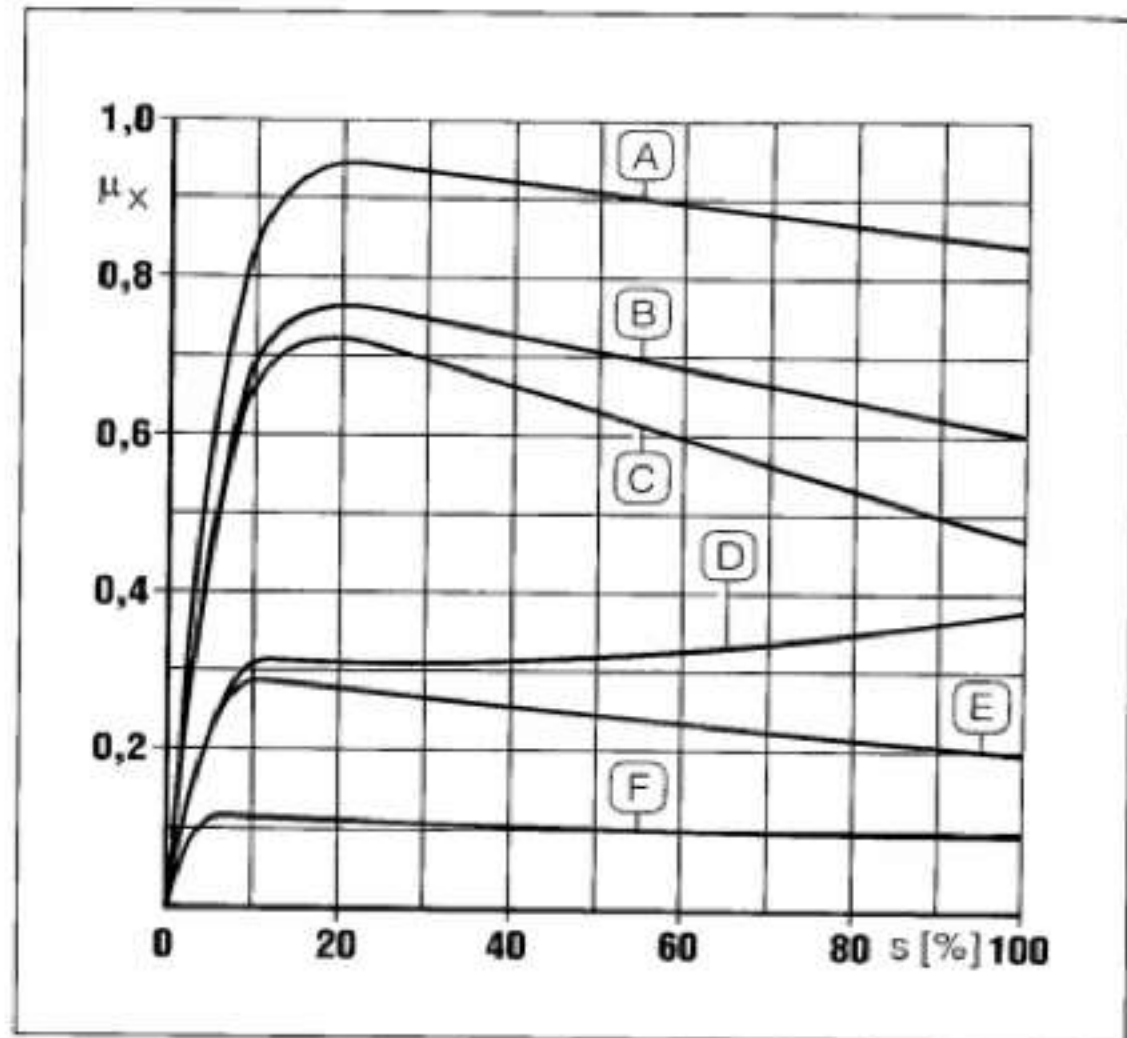


<i>Asciutto</i>	$\mu = 0,85$	\longrightarrow	$F_A = 0,85 \cdot 1000 = 850N$
<i>Bagnato</i>	$\mu = 0,65$	\longrightarrow	$F_B = 0,65 \cdot 1000 = 650N$
<i>Ghiacciato</i>	$\mu = 0,10$	\longrightarrow	$F_G = 0,10 \cdot 1000 = 100N$



DIPENDENZA DELL'ADERENZA DALLO SCORRIMENTO

Figura 2.36 – Valori sperimentali comparati di μ_x in funzione dello scorrimento, s , in diverse condizioni climatiche. A: asfalto asciutto; B: asfalto bagnato, film d'acqua sottile; C: asfalto bagnato, strato d'acqua spesso; D: neve fresca; E: neve compatta; F: ghiaccio vetrone.





L'aderenza degli Pneumatici

L'ADE





PROGETTAZIONE DELLA TASSELLATURA PROFONDITÀ DEL FILM D'ACQUA

Tipo di precipitazione	Frequenza	Quantità di acqua [cm/h]	visibilità [m]	Profondità media dell'acqua [mm]
Pioggia leggera	spesso	< 1,25	300+	0,35
Pioggia	spesso	1,25	300+	0,85
Gocce persistenti	Diverse volte l'anno	2,5	150-250	1,15
Una tempesta di pioggia di breve	Diverse volte l'anno	5	60-125	1,5
Forti temporali	Una volta all'anno	10	Meno di 50	2,0
Temporale persistente	Una volta in 10 anni	25	0	3,0

AQUAPLANING

Quando i pneumatici entrano in condizioni di aquaplaning si arriva alla perdita di contatto parziale o totale con la strada; in tali condizioni il veicolo non può essere controllato

In genere, le velocità dove si manifesta principalmente tale fenomeno sono circa 80 km / h

Pneumatici in grado di contrastare 3 effetti di innesco d'aquaplaning:

- Spostamento
- Acqua di drenaggio
- Assorbimento d'acqua

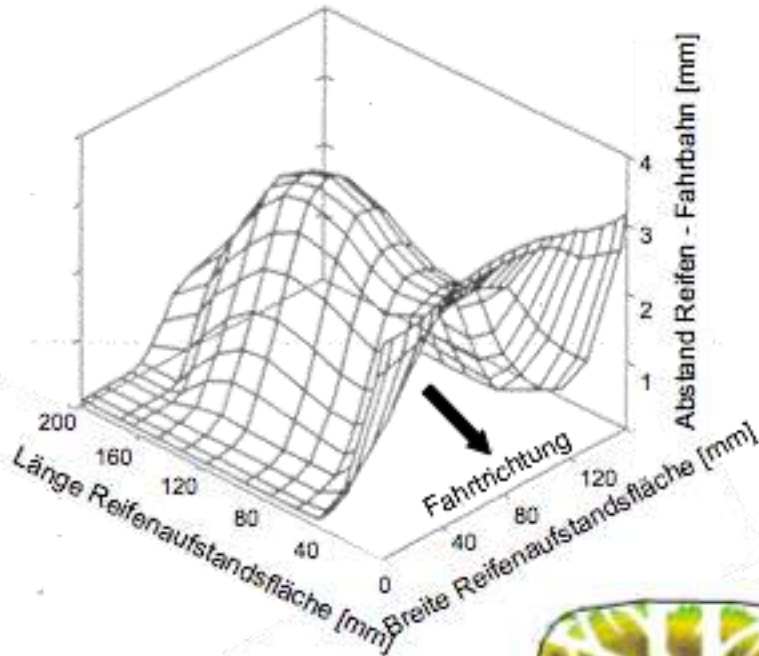


AQUAPLANING - TEORIA

Elasto-idrodinamica: descrizione del processo di aquaplaning

Lo pneumatico viene deformato in tre dimensioni dalla contropressione risultante. La deformazione è influenzata dalla

- quantità di acqua (ad es. Funzione della profondità dell'acqua e velocità)
- Capacità di drenaggio del pneumatico (ad es. Vuoti, disegno battistrada, Superficie di contatto, le proprietà elastiche del pneumatico, struttura della superficie della strada)



40 km/h



75 km/h

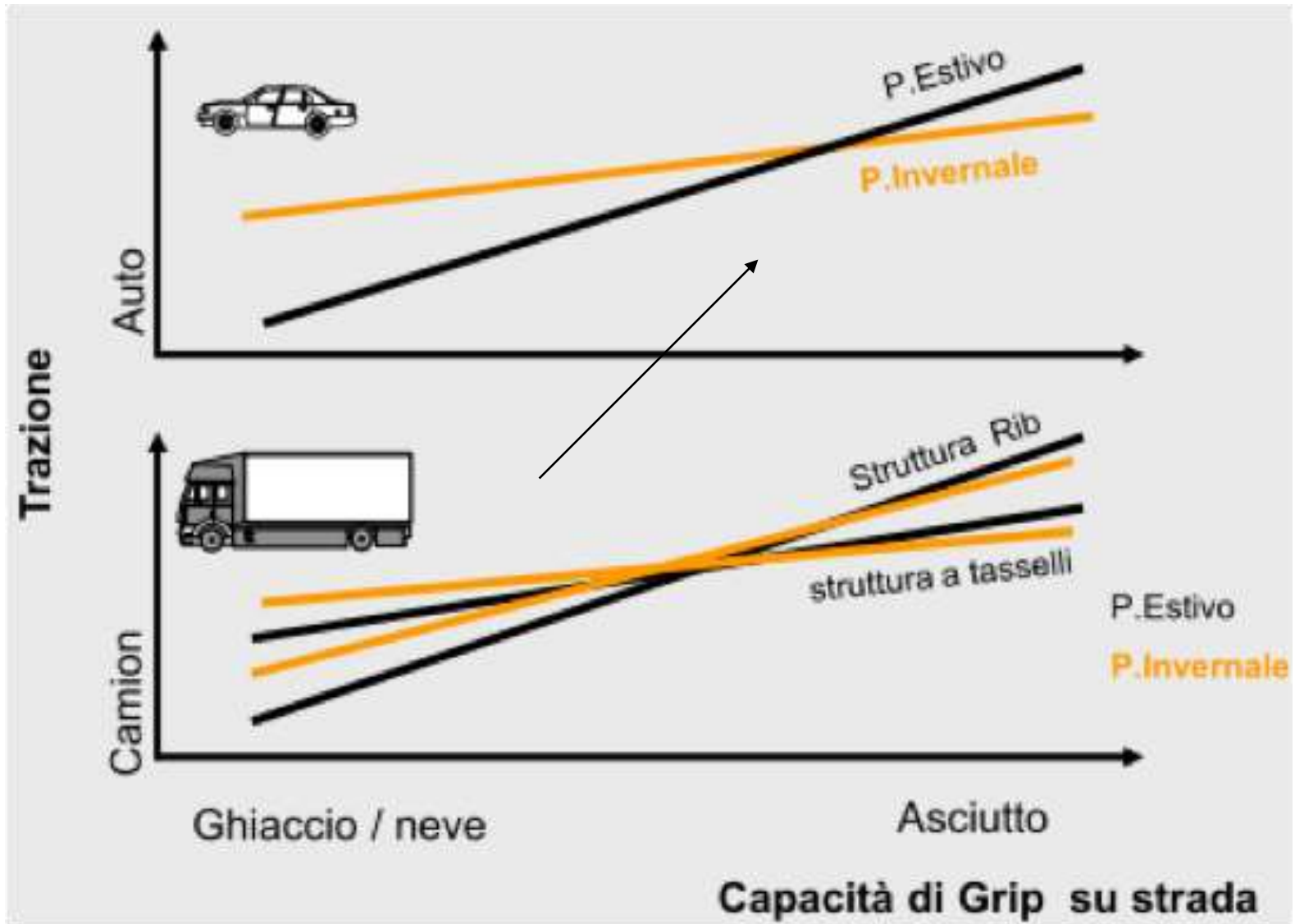


100 km/h



125 km/h

Aderenza





Criterio ripartizione forza frenante

Blocco dell'avantreno (aderenza disponibile minore)



Sottosterzo





Criterio ripartizione forza frenante

Blocco del retrotreno (aderenza disponibile minore)



Sovrasterzo





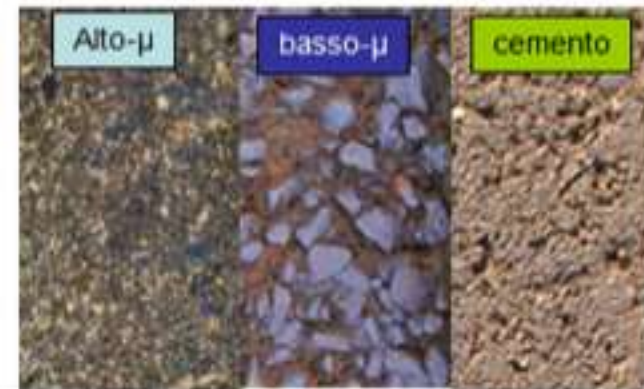
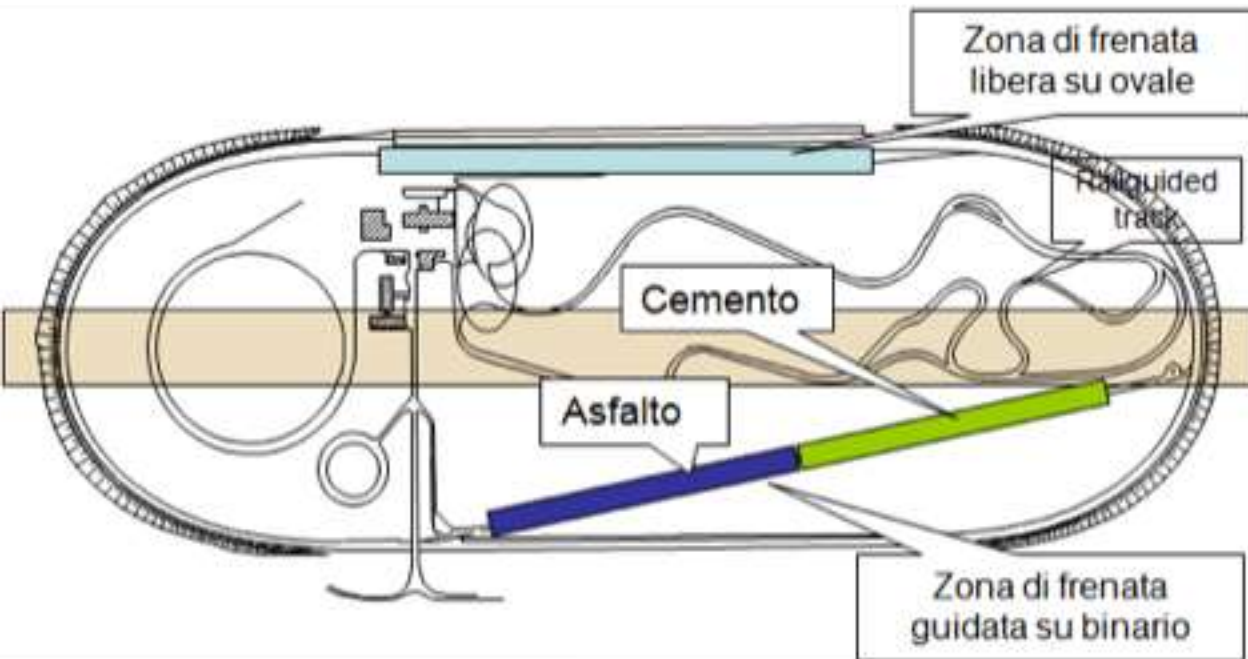
Pneumatici estivi VS pneumatici invernali



Frenata su bagnato con ABS

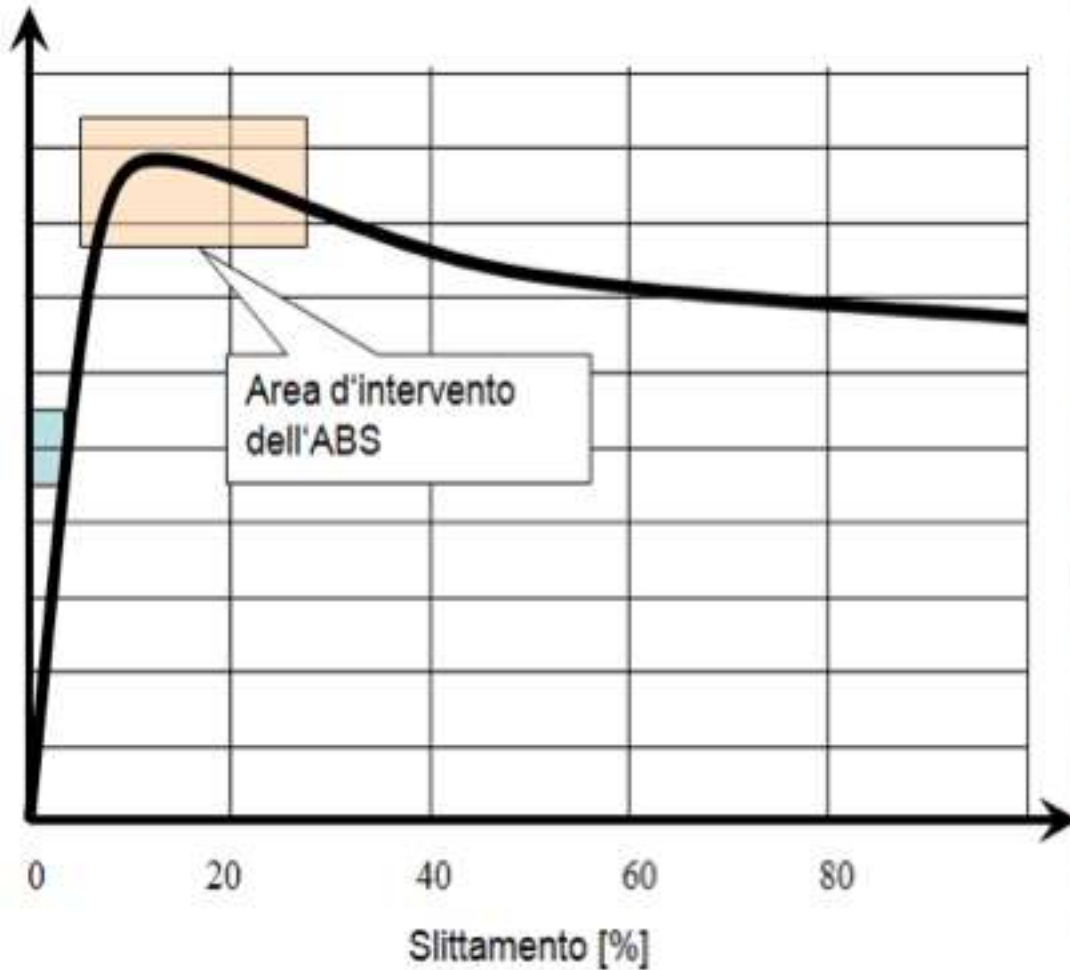
Frenata sul bagnato con ABS

- Velocità iniziale 80 chilometri all'ora
- guidata (con binario) o libera
- Principali parametri che influenzano lo pneumatico: mescola del battistrada, disegno battistrada



Frenata su bagnato con AbS

Curva μ - Slittamento





DESCRIZIONE DEL TEST

Frenata ad alta velocità - Procedura sperimentale

- ▶ Carreggiata: Zona di frenata libera su ovale del Contidrom
- ▶ Metodo di test: ABS frenata sul bagnato, da 120 km/h a 15 km/h con Audi A4
- ▶ profondità dell'acqua: 1,5±0,5mm - minima (prof. Film d'acqua)
3,5±0,5mm - massima (prof. Film d'acqua)
- ▶ Pneumatico: 3 differenti disegni di pneumatici estivi
dimensioni: 205/55 R16 V
4 diversi stati di usura del battistrada (profondità):
 - „8mm“ (Nuovo)
 - 5mm
 - 3mm
 - 1,6mm (limite legale)

I modelli di usura si basano su risultati reali (l'abrasione è stata realizzata ad arte per le prove).

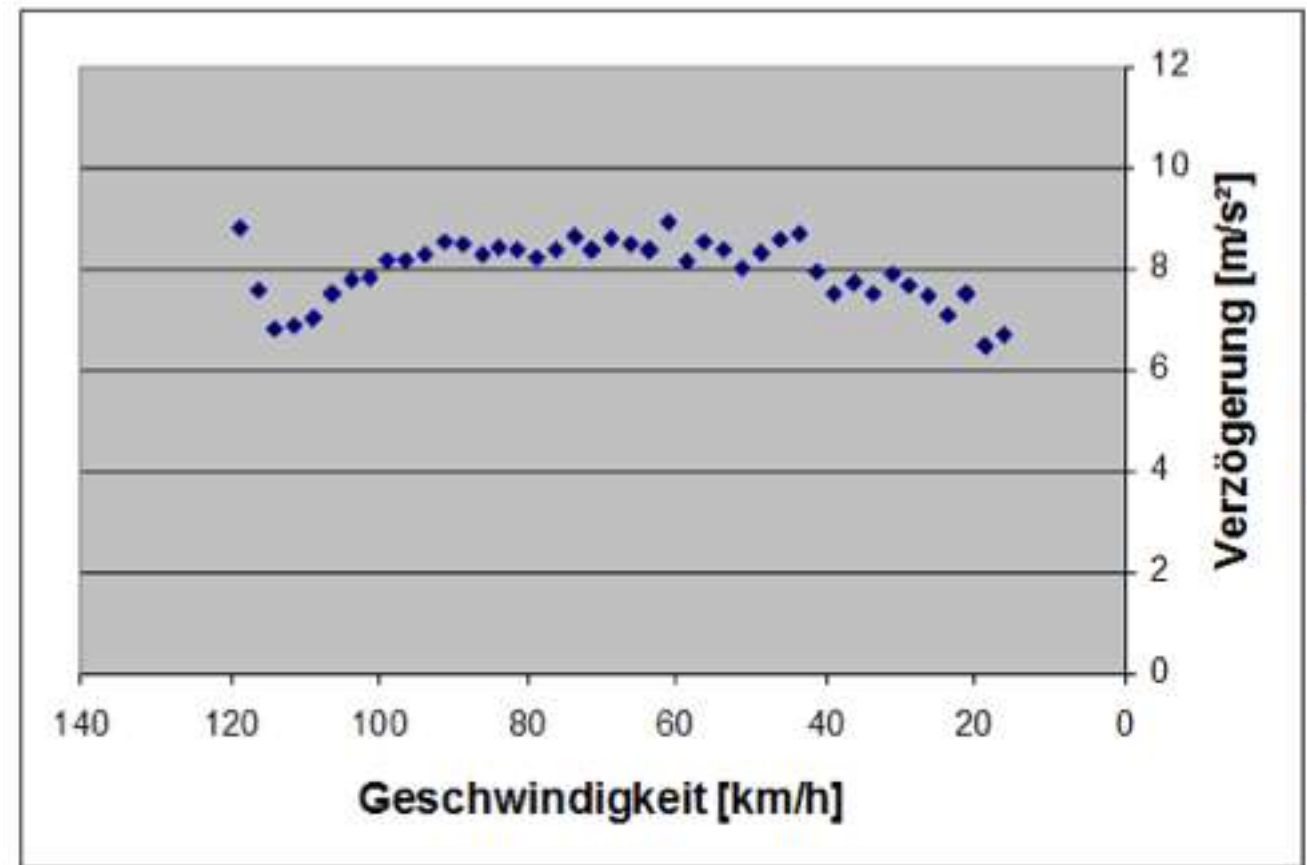


RISULTATI DELLE PROVE

ABS frenata sul bagnato, da 120 km/h a 15 km/h

Profondità dell'acqua:
3mm
Profondità profilo: 8mm

Media su 5 passaggi



velocità

decelerazione



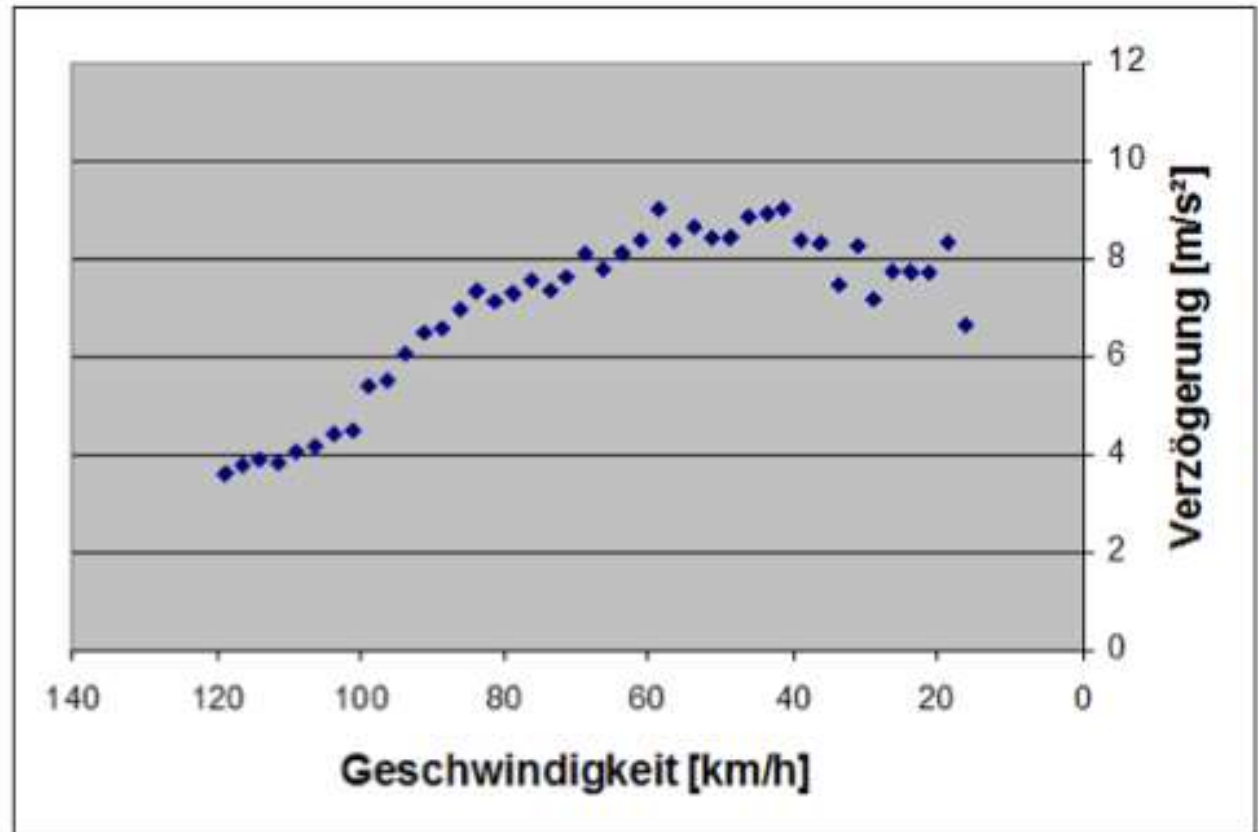
RISULTATI DELLE PROVE

ABS frenata sul bagnato, da 120 km/h a 15 km/h

Profondità dell'acqua: 3mm

Profondità profilo: 5 mm

Media su 5 passaggi



decelerazione

velocità



Sintesi – Frenata ad elevate velocità

- Il fenomeno dell'aquaplaning si verifica anche in caso di pioggia leggera con profondità del residuo battistrada di 3 mm e la velocità di circa 60-80 km/h;
- la distanza di frenata aumenta da 60 fino a 100 metri
- da 3 mm a 1,6 mm lo spazio di frenata si incrementa di circa 35 metri;
- sotto la pioggia (3,5 profondità mm di film d'acqua) l'aquaplaning inizia a 5 mm di profondità del battistrada, anche a 60-80 km/h;
- con pneumatici usurati a 1,6 millimetri la distanza di arresto è più del triplo



Conclusioni – Frenata ad elevate velocità

- I 3 mm di profondità del battistrada rappresentano un limite critico per i margini di sicurezza dello pneumatico nelle condizioni suddette;
- tra 8 mm e 3 mm di profondità di residuo battistrada gli spazi di frenata aumentano di circa 40 metri; tra 3 mm e 1,6 mm, gli spazi di frenata aumentano della stessa entità
- Con pneumatici con residuo battistrada a 3 mm si manifestano effetti di aquaplaning sul bagnato già a velocità di circa 60 km/h.
- Con pneumatici con residuo battistrada a 1.6 mm e con velocità di circa 100 km/h si ha una perdita totale del controllo del veicolo (condizioni stradali non asciutte).
- In certe condizioni si riscontra un valore dell'attrito (μ) fino a 0,13 – I valori che si trovano di solito solo su ghiaccio



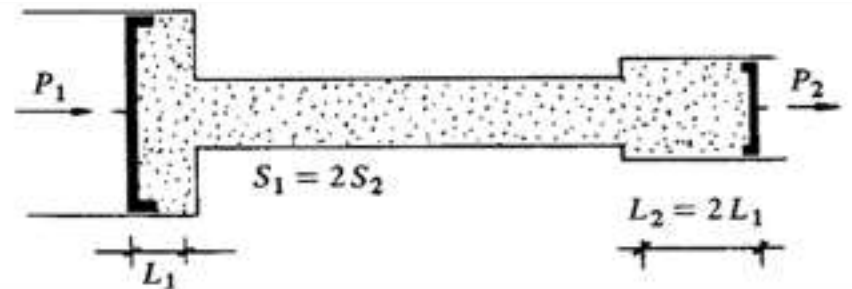
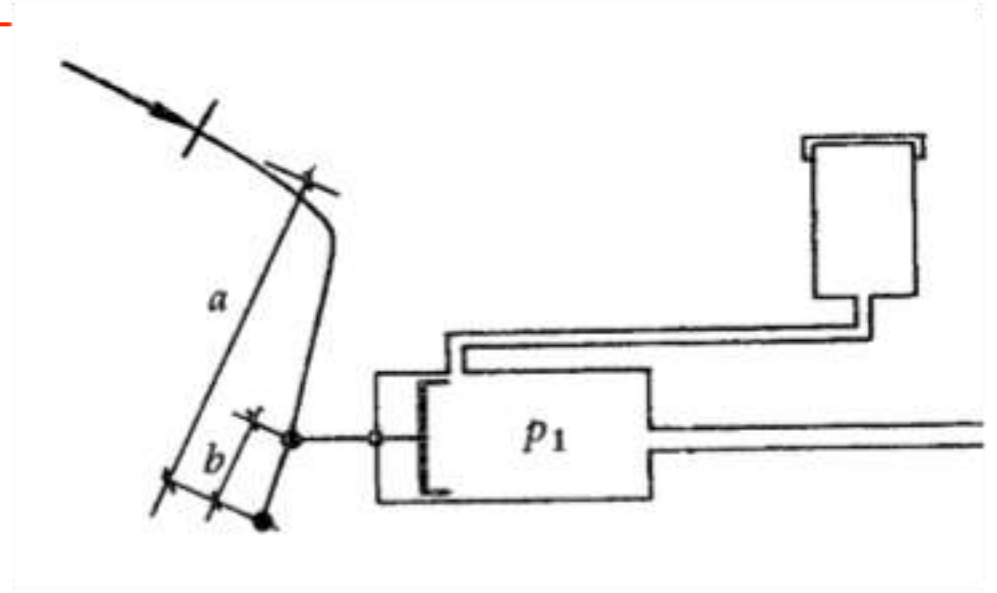


L'AQUAPLANING



Comando classico a pedale

- La forza da esercitare sul pedale è limitata a 400N dalle norme CEE
- E' prevista una moltiplica meccanica, poi una idraulica





Attrito statico/dinamico

Le gomme di un'autoveicolo sembrano muoversi a grande velocità ma in realtà il piccolo elemento che tocca l'asfalto nell'istante di contatto è fermo, l'auto avanza perchè la ruota gira.

Quando si ha una strisciamento a causa di una frenata o di una errata partenza si verifica movimento relativo fra pneumatico e strada in questo caso si parla di attrito radente dinamico.

$$f_{\text{statico}} > f_{\text{dinamico}}$$

Per ottenere migliori prestazioni è meglio non avere movimento relativo fra ruota e superficie stradale.

- ABS
- Controllo di trazione



Attrito statico/dinamico

- Attrito radente
- Attrito statico: **non** vi è moto relativo fra i corpi
 - Attrito dinamico: vi è moto relativo di strisciamento fra i corpi

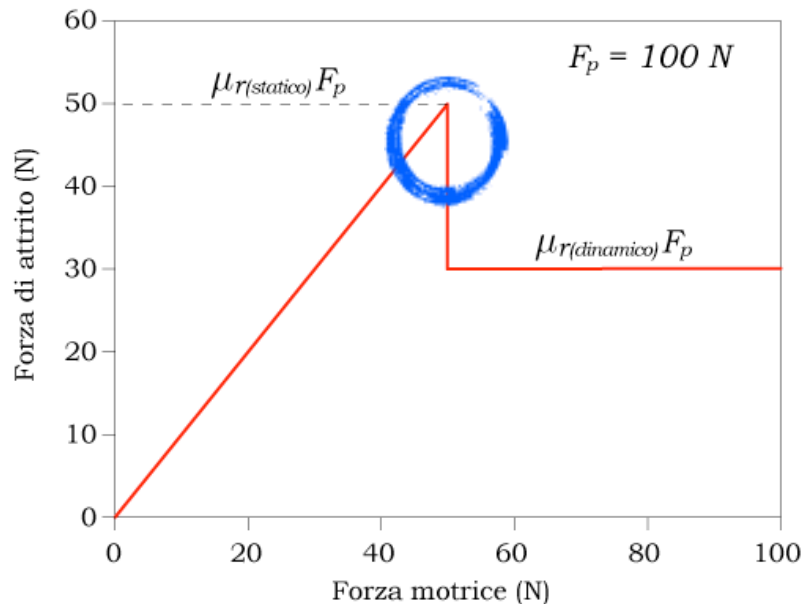


Grafico del valore della forza di attrito radente in funzione della forza applicata. Si noti il passaggio da attrito statico ad attrito dinamico, coincidente con l'inizio del moto relativo tra i corpi



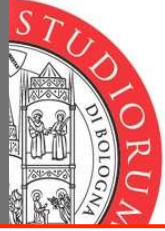
ABS - TRACTION CONTROL





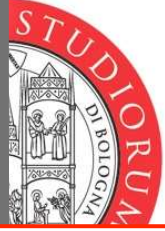
ABS - TRACTION CONTROL





ABS - TRACTION CONTROL





ABS - TRACTION CONTROL





ABS - TRACTION CONTROL

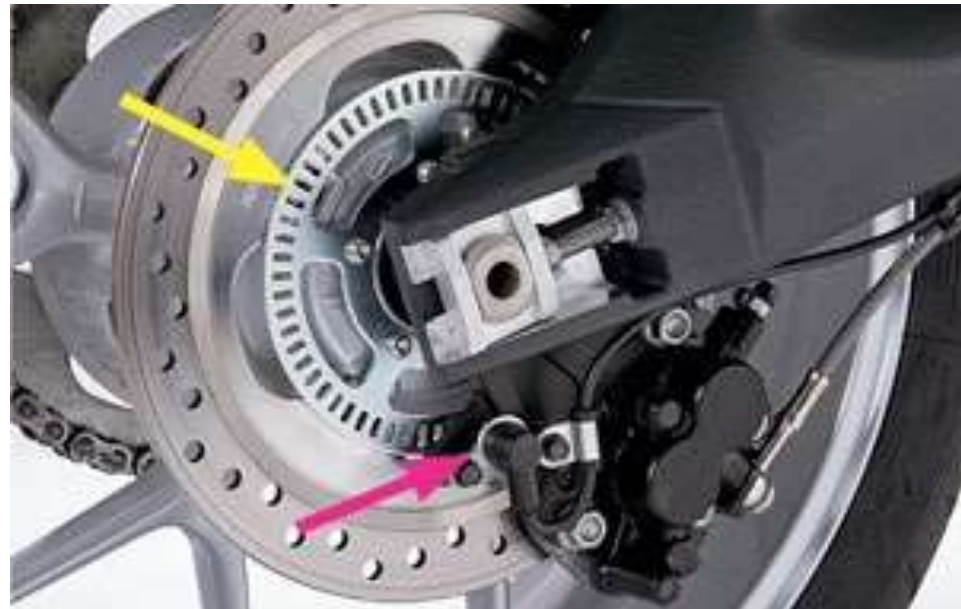




ABS - TRACTION CONTROL

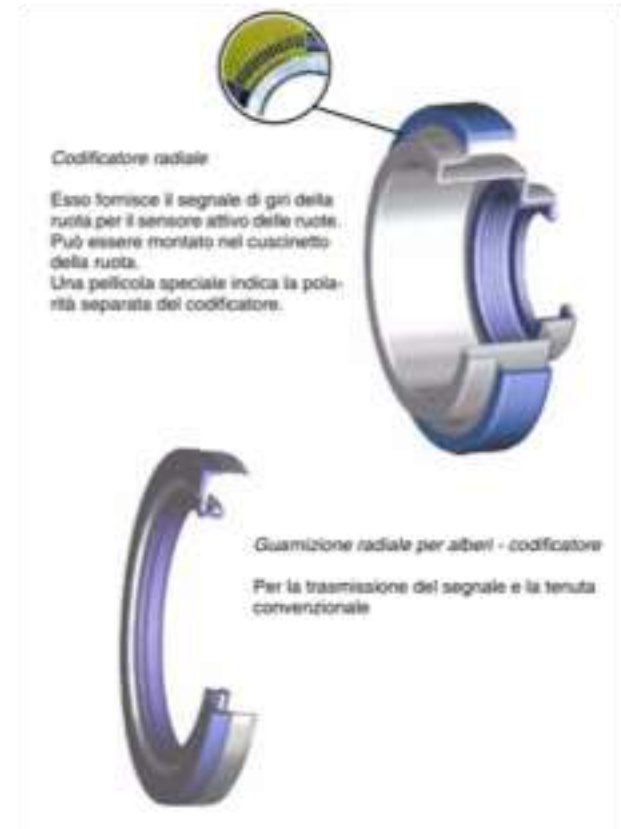
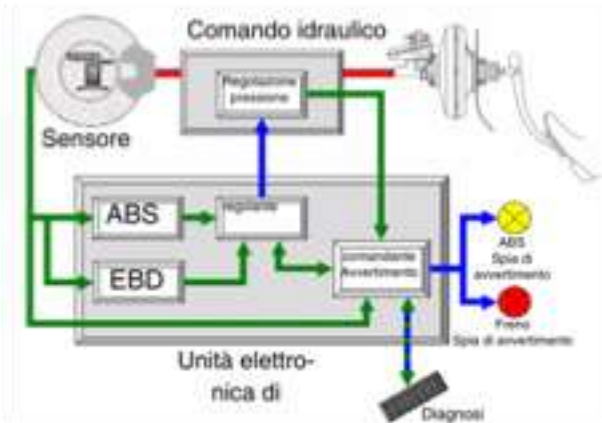


LA RUOTA FONICA



Modalità di funzionamento

- Rilievo del regime di rotazione delle singole ruote
- Codificatore con fori rettangolari che ruota solidamente all'elemento cui è fissato (cuscinetto, albero, etc.)
- Sensore fisso funzionante con principio dell'effetto Hall (formazione di una differenza di potenziale sulle facce opposte di un conduttore elettrico dovuta a un campo magnetico perpendicolare alla corrente elettrica che scorre in esso)
- Vengono generati degli impulsi con frequenza proporzionale alla velocità di rotazione



ABS - TRACTION CONTROL





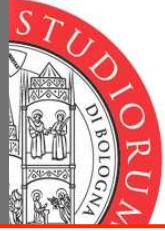
ABS - TRACTION CONTROL





ABS - TRACTION CONTROL





ABS - TRACTION CONTROL



ABS



ESC ?



ESC

Il Controllo Elettronico della Stabilità, o ESC [acronimo](#) dell'[inglese](#) *Electronic Stability Control* è un sistema di controllo della stabilità dell'autoveicolo generalmente associato ai sistemi di [controllo della trazione](#) e all'[antibloccaggio delle ruote](#) (ABS),

L'ESC ha il compito di evitare fasi di sottosterzo o [sovrasterzo](#), che si possono verificare in caso di superamento del limite di aderenza durante la percorrenza di una curva.

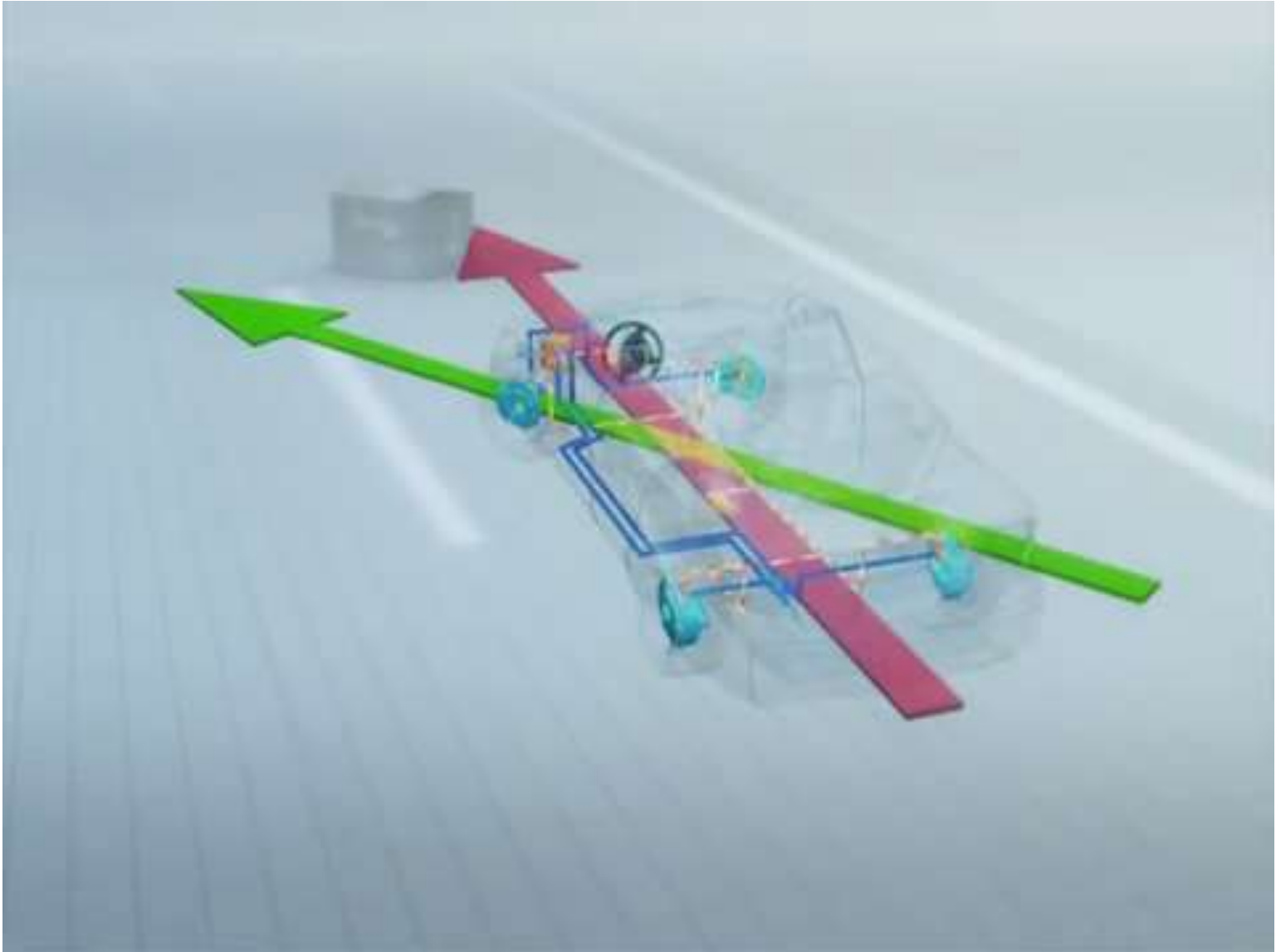
-> Evitare lo sbandamento del veicolo

La centralina interviene sia sull'alimentazione del motore (tagliando la potenza) sia sulle [singole](#) pinze freno, correggendo l'assetto dinamico della vettura.

- ☑ In caso di [sottosterzo](#) la centralina interviene frenando la ruota posteriore interna alla curva, facilitando la chiusura della curva;
- ☑ In caso di [sovrasterzo](#) viene frenata la ruota anteriore esterna alla curva, generando un momento meccanico tale da opporsi al testacoda.



ESC



Progettazione di sistemi di trasporto



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Prof. Ing. Mattia Strangi

Università degli Studi di Bologna

Dipartimento DICAM – Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali – www.dicam.unibo.it

e-mail mattia.strangi@unibo.it

Ricevimento previo appuntamento.