

ISO 3888 con e senza ABS: la simulazione HVE

Viene confrontata la manovra di frenata con sterzata per il veicolo BMW 318 lanciato a 110 km/h con o senza l'intervento dell'ABS nel cambio corsia come specificato in ISO 3888 utilizzando il codice SIMON di HVE

Con il software HVE una qualsiasi analisi comporta la creazione di tre modelli (manichini, veicoli e ambiente), la scelta di un motore di analisi fisica, l'analisi con questo modello di calcolo e la presentazione dei risultati.

Per consentire di replicare con scioltezza il tutorial si allegano le principali schermate privilegiando la possibilità di costruire in pochi minuti una simulazione rispetto a procedere a spiegare compiutamente ogni passaggio.

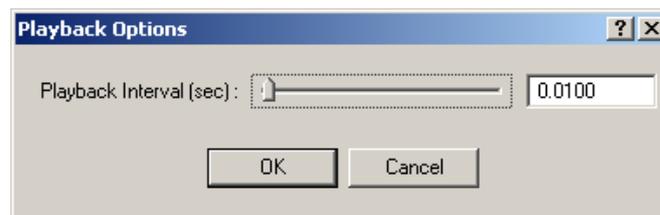
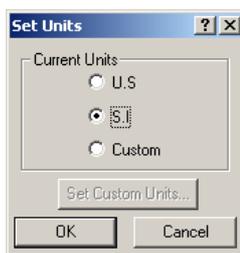
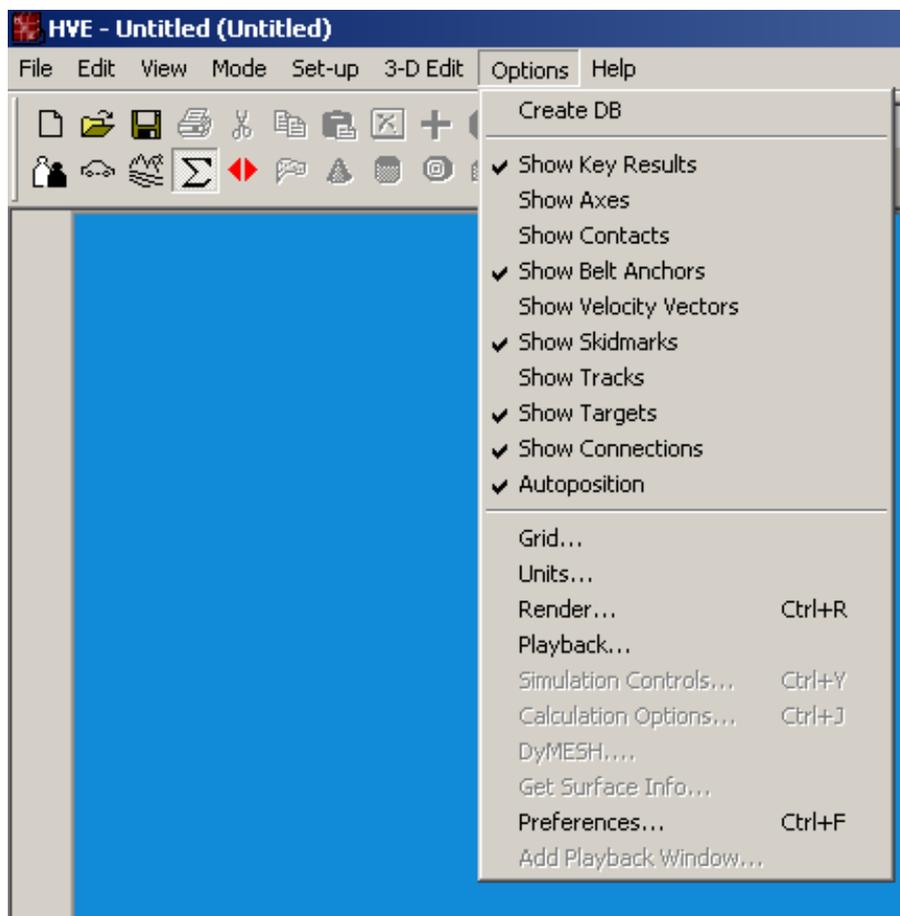


Fig. 1-3 – Settaggi iniziali in HVE: opzioni, unità e intervallo playback

CREAZIONE MANICHINI

Il primo passo per creare una simulazione in HVE è quello di selezionare i manichini necessari (*H* in HVE sta infatti per *Human*).

I manichini in HVE sono simulati con 15 corpi come in figura 4 e l'utente li trova già allestiti e direttamente richiamabili per essere utilizzati al posto di guida o come passeggeri anteriori o posteriori, passeggeri in piedi dentro un autobus o in sella ad un motociclo o ancora pedoni e così via.

Ogni manichino è parametrizzato in termini di sesso e percentile.

Qualora la simulazione a 15 corpi non fosse sufficiente, HVE dispone di un manichino ben più sofisticato nel modulo di calcolo GATB.

Per i fini di questa tutorial non è necessario l'uso di manichini e prescindiamo quindi dall'influenza dello spostamento dinamico del guidatore della BMW sul comportamento dinamico del veicolo (anche se HVE sarebbe in grado di includerlo se procedessimo a modellarlo).

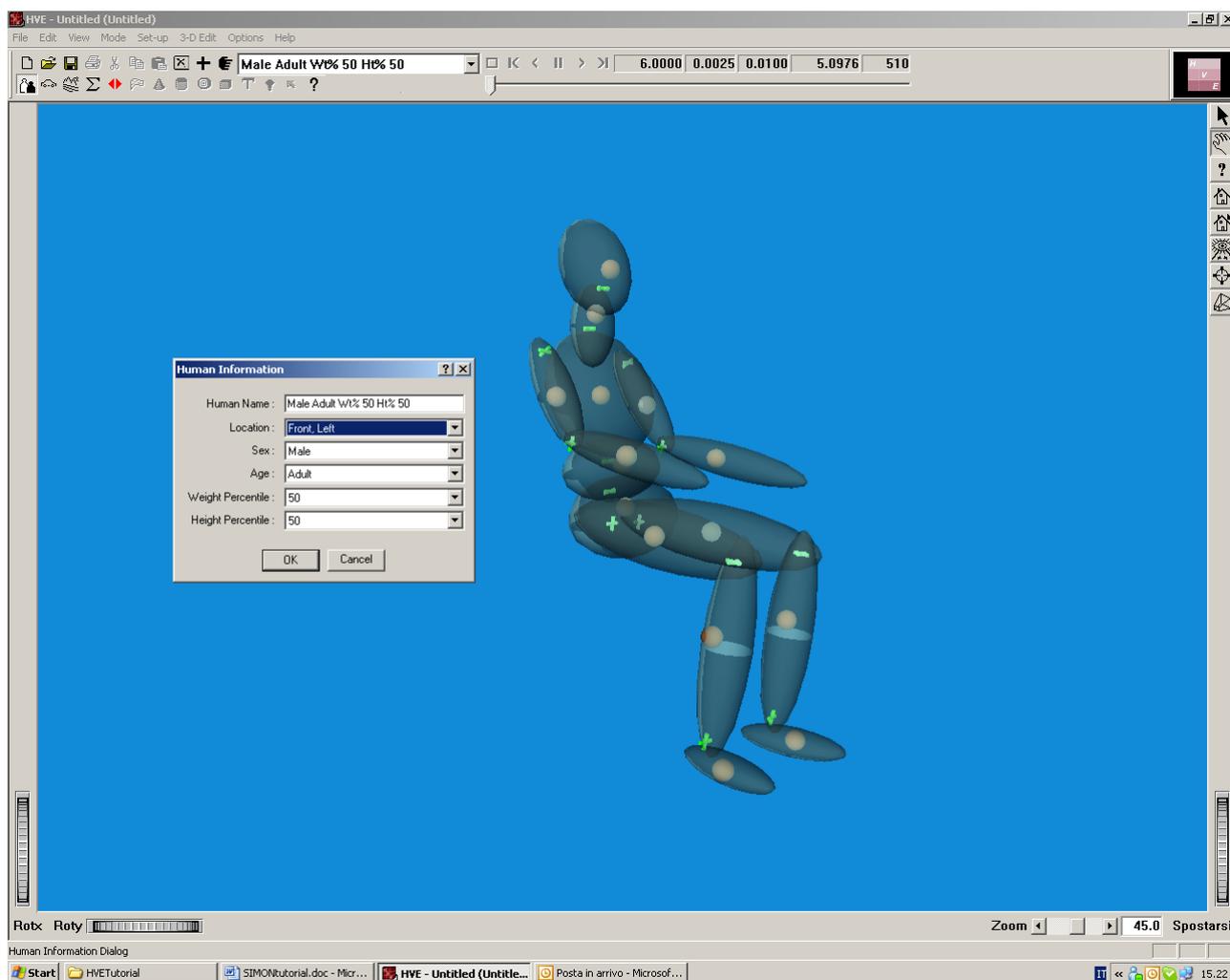


Fig. 4 – I manichini di HVE per la simulazione di conducenti, passeggeri e pedoni

CREAZIONE VEICOLO

The image shows two screenshots from a software application used for vehicle simulation. The top screenshot is a 'Vehicle Information' dialog box with the following fields:

- Vehicle Name: BMW 318is 2-Dr
- Vehicle Type: Passenger Car
- Make: BMW
- Model: 318is
- Year: 1992-1999
- Body Style: 2-Door
- Source Database: EDC.db
- Number of Axles: Two
- Driver Location: Left
- Engine Location: Front
- Drive Axle(s): Axle No. 2

The bottom screenshot shows the 'Drivetrain: BMW 318is 2-Dr' window. It features a 3D model of a red car with a green engine block highlighted. Below the model is a graph titled 'Engine Power vs. Engine Speed' showing two curves: WOT (Wide Open Throttle) in red and CT (Closed Throttle) in green. The x-axis is Engine Speed (RPM) from 0 to 8000, and the y-axis is Engine Power (kW) from -50.0 to 200.0. To the right of the graph is a table of engine data:

Engine Speed (RPM)	Engine Power (kW)	Engine Torque (N-m)
500	1.8	35.3
2000	33.6	160.2
4500	82.8	175.7
5500	98.5	170.9

Additional controls in the window include 'Engine Name: 1.8L 4-Cylinder, 4-sp A', 'Throttle Position' (Wide Open Throttle selected), 'Print...', 'Transmission...', 'Differential...', 'Drivetrain Inertia (kg-m²): 0.7', and 'Apply' buttons.

Fig. 5 - 7 – Scelta veicolo ed evidenziazione degli organi meccanici per verifica proprietà

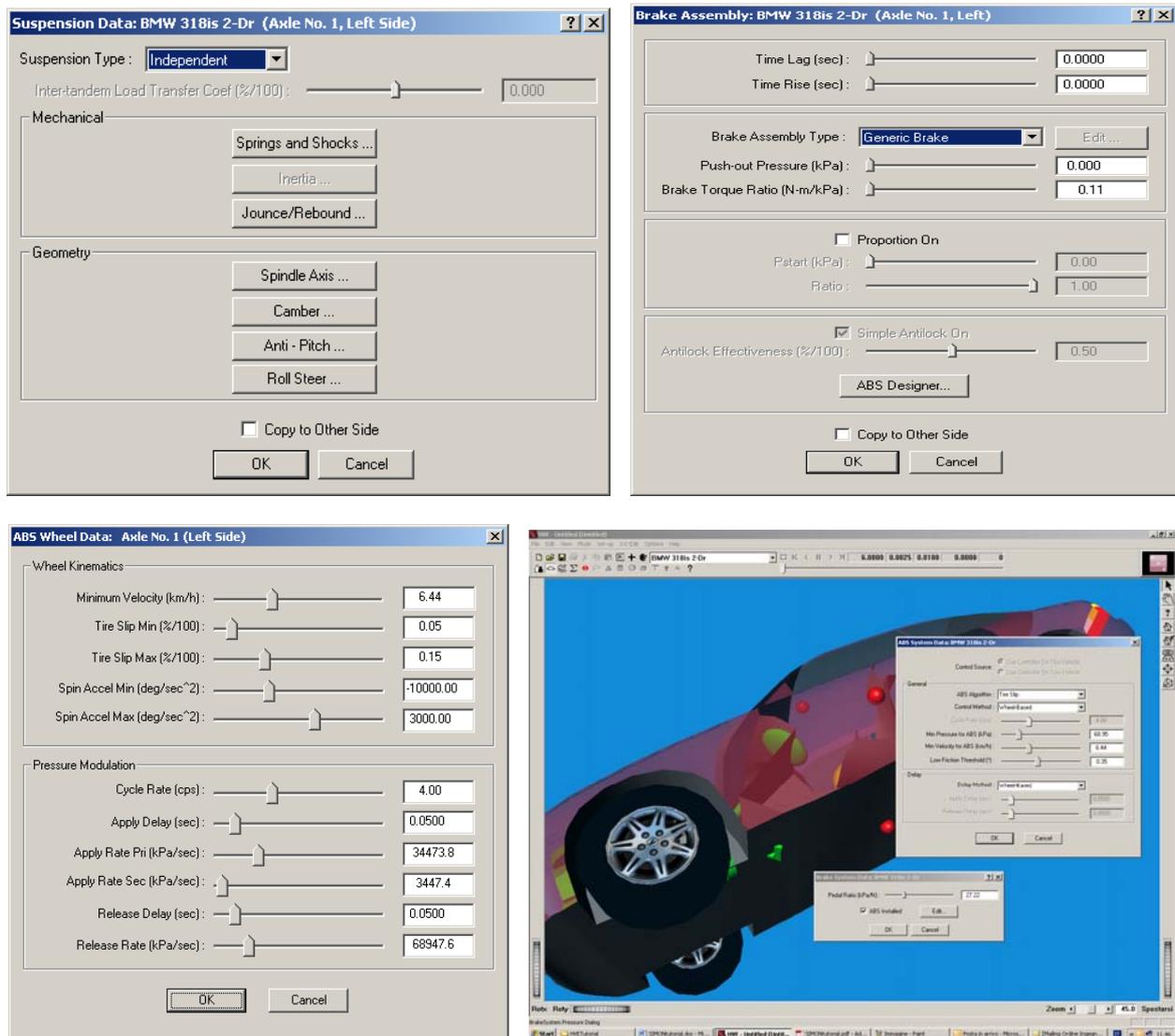


Fig. 8 - 11 – Scelta veicolo, evidenziazione degli organi meccanici per verifica proprietà

In HVE l'utente ha a disposizione un database di proprietà per svariati veicoli (V in HVE sta infatti per Vehicle): da autovetture ad autobus, da autotreni a motocicli, ecc. ed ovviamente si possono modificare veicoli esistenti e aggiungerne di nuovi. Ogni veicolo è descritto con accurati ingombri geometrici (Fig. 6) e reca in evidenza i simboli dei principali organi meccanici, cliccando nei quali (ad esempio il motore in Fig. 7) ne vengono richiamate tutte le caratteristiche con tabelle, grafici e cursori. Quando alcune di queste caratteristiche si prestano a variazione a seconda dello stato d'uso, come ad esempio le caratteristiche degli ammortizzatori, l'utente può richiamare la finestra di input relativa e spostare il cursore dal valore medio ad uno diverso, sempre però nell'intervallo plausibile per quell'autoveicolo. Tali finestre consentono inoltre di cambiare radicalmente alcuni organi meccanici, ad esempio per modificare da sospensioni da assale rigido a barra di torsione, e cambiare i pneumatici sia come caratteristiche geometriche che condizioni del battistrada

Anche il sistema ABS (Fig. 10) è completamente variabile dall'utente pur nei limiti di tolleranza specifici per quel modello se l'utente non decide di crearne uno ex-novo.

Controllati tutti i parametri meccanici, si può intervenire su quelli estetici ad esempio montando i cerchioni desiderati sul veicolo (Fig. 11).

CREAZIONE AMBIENTE

L'ultimo scenario da creare in HVE è l'ambiente (*E* in HVE sta infatti per *Environment*).

L'utente dispone di un modellatore tridimensionale in HVE e di una libreria di scenari, strade, incroci e arredi urbani per poter costruire lo scenario desiderato scegliendo, modificando o importando vari elementi. Ovvero può caricare i rilievi piano altimetrici di uno specifico ambiente da lui misurato.

Settando le coordinate geografiche (Fig. 12), la data e l'ora HVE computa automaticamente la posizione del sole e l'irraggiamento, e quindi le condizioni di abbagliamento e le ombre, mentre all'utente restano solo da specificare le condizioni meteorologiche e di visibilità.

Per i fini di questo tutorial selezioniamo direttamente IsoLaneChange per avere disponibile il tracciato piano con birilli e strisce gialle (Fig. 13) come previsto dalla prova ISO 3888 e lasciamo condizioni meteorologiche e di visibilità ottimali.

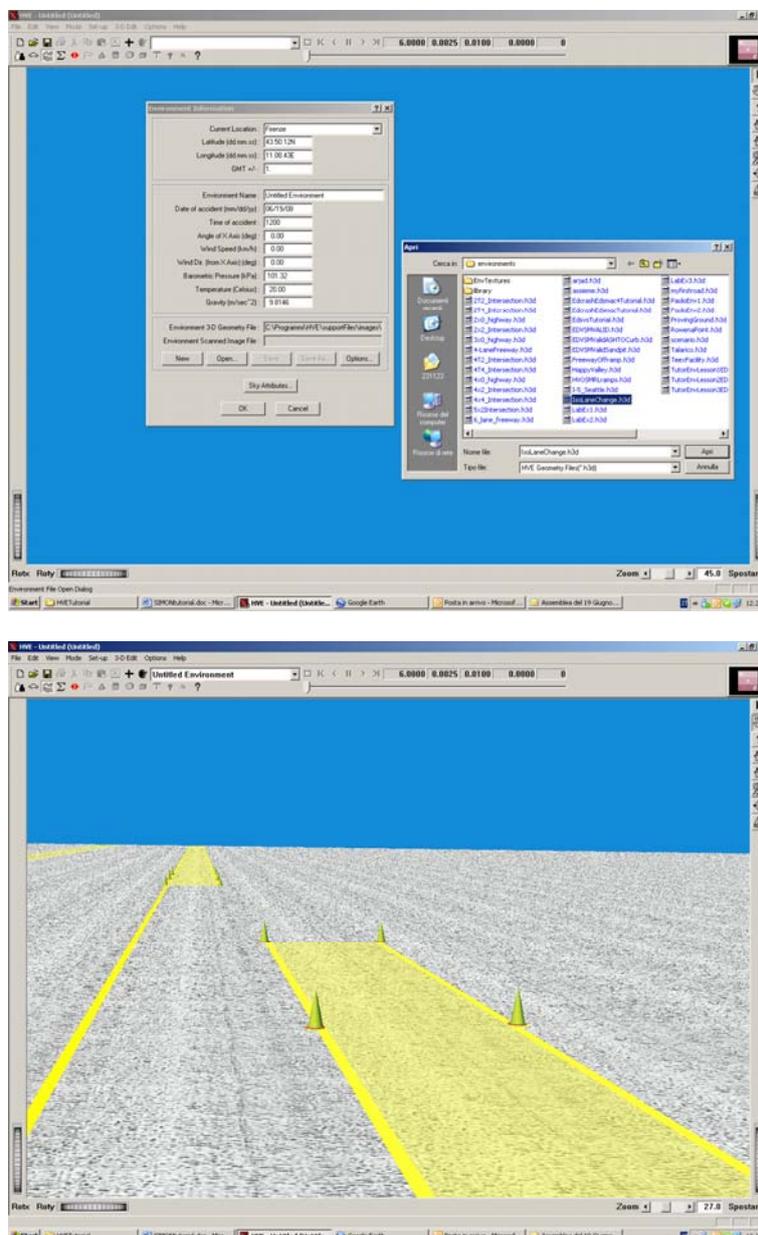


Fig. 12 - 13 – Scelta ambiente e definizione scenario di prova IsoLaneChange

DATI EVENTO

Preparati manichini, veicoli e ambiente bisogna ora definire l'evento che chiameremo "ISO 3888 con ABS" e che risolveremo con il motore di calcolo SIMON.

Nel nostro caso, la BMW rossa si trova all'istante iniziale della simulazione in alto a sinistra di Fig. 14, lanciata a 110km/h.

Per imputare questa condizione scegliamo Set-Up dal menù Position/Velocity ed imputiamo all'istante iniziale la posizione $X = -24$ m e la velocità assegnata di 110 km/h. Avendo messo nel settaggio iniziale "Autoposition", HVE si occuperà di mettere con le ruote a terra il veicolo e non ci dobbiamo occupare della quota Z.

Il passo successivo è decidere quando il nostro pilota deve sterzare a sinistra. Le specifiche di prova del tracciato ISO 3888 prevedono un percorso pre-tracciato e questo consente l'applicazione ideale del Path Follower di HVE: non ci dobbiamo preoccupare di quando sterzare, basta che chiariamo ad HVE una serie di punti di passaggio desiderati ed il software governerà al meglio lo sterzo per passare il più possibile vicino a quelle posizioni.

Pertanto, clicchiamo in Driver Controls, HVE Driver, patch Source e specifichiamo che useremo la tabella Position/Velocity Dialog.

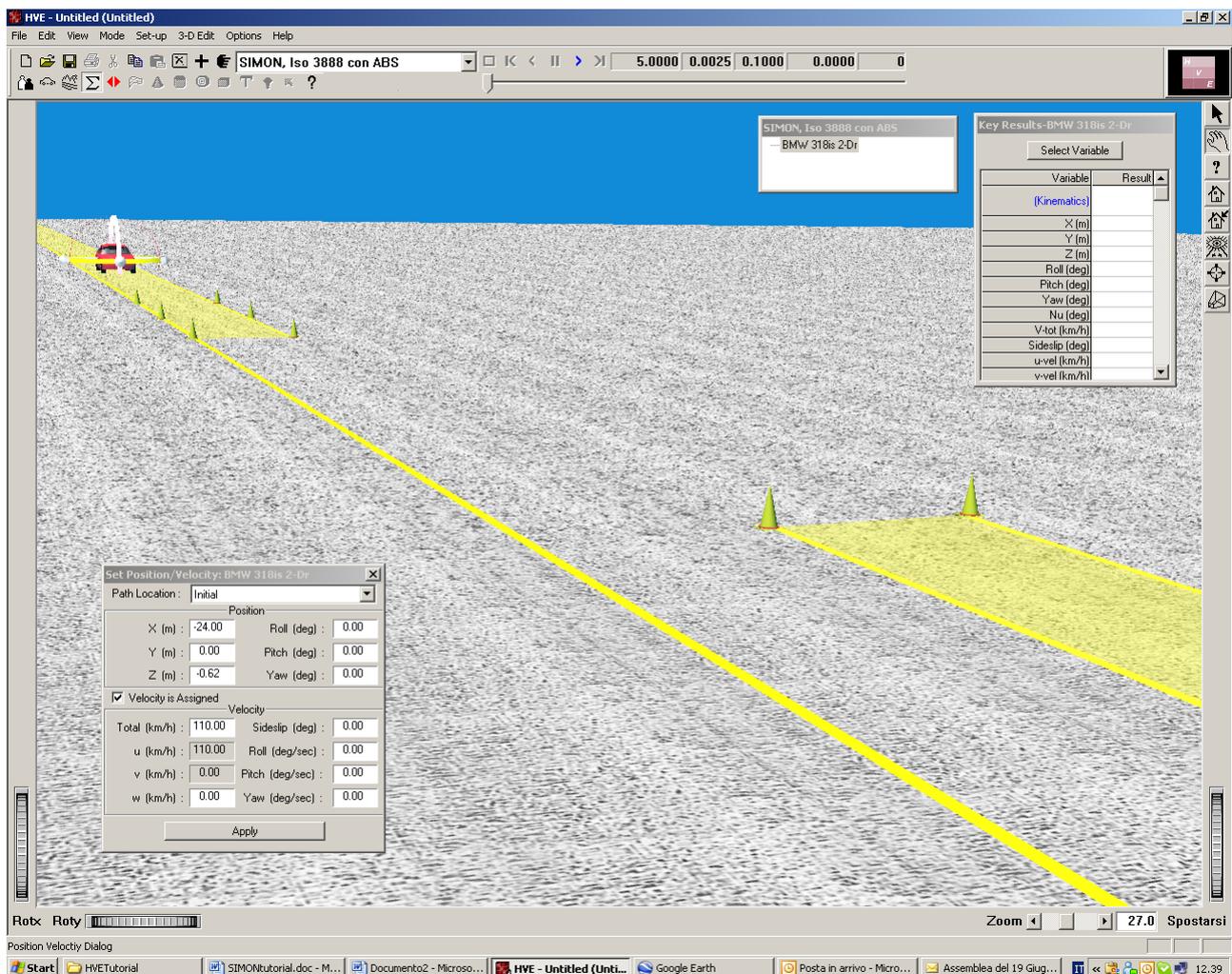


Fig. 14 – Settaggio della posizione iniziale, $x = -24$ m e velocità 110km/h

Ovviamente possiamo controllare la bravura del guidatore nel seguire il percorso da noi desiderato e a tal fine nella cartella HVE Driver specifichiamo a 1.0g il Driver Conmfort Level.

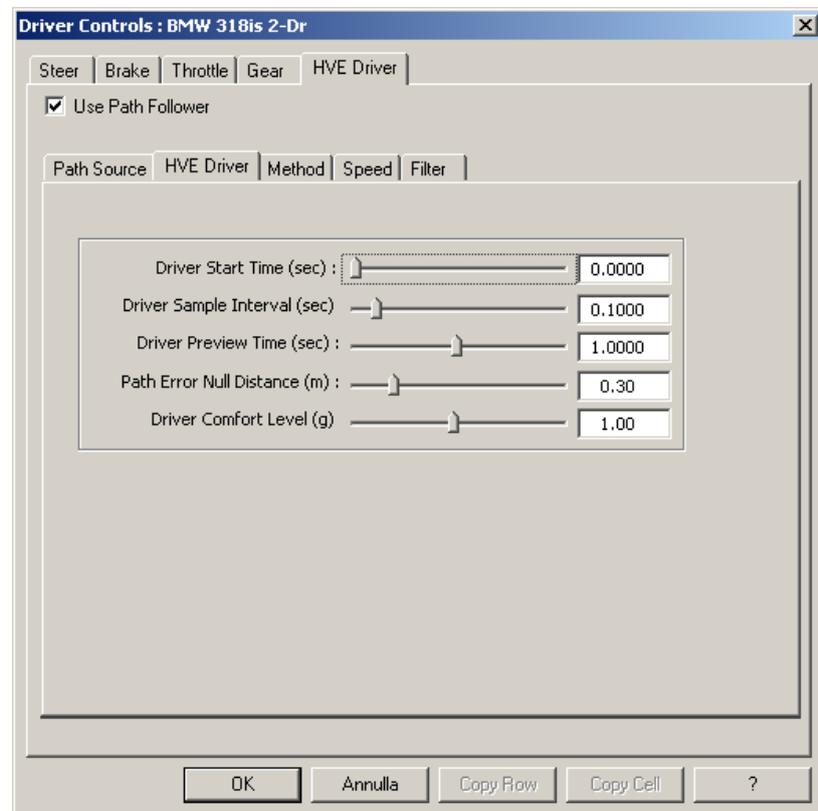
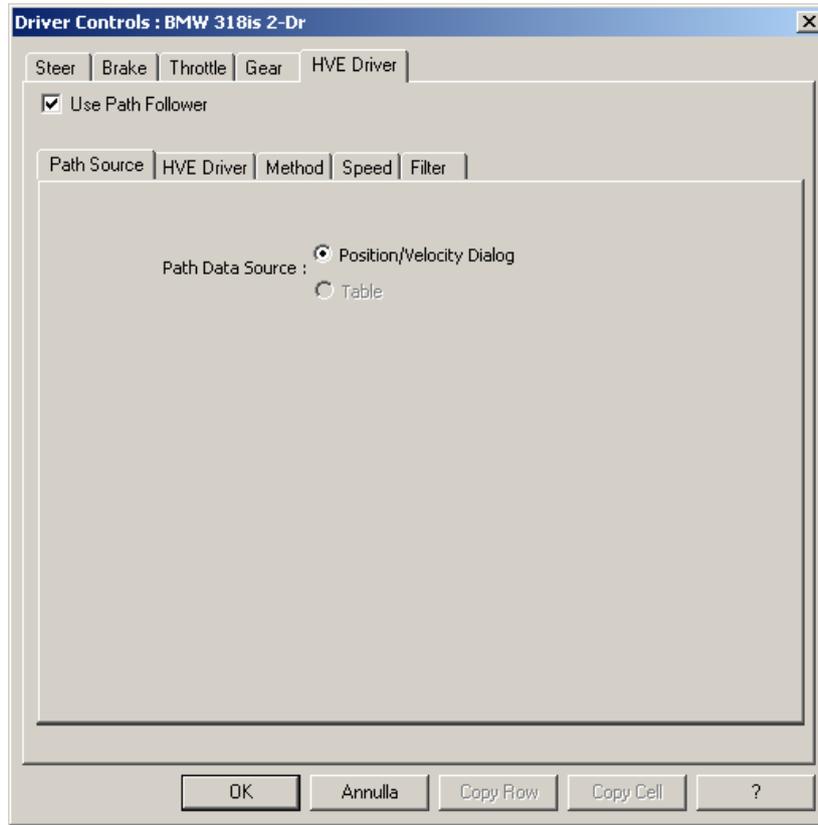


Fig. 15 - 16– Scelta di path follower per lo sterzo con driver confort level di 1 g.

In questo modo il path follower governerà lo sterzo cercando di restare nei limiti di un confort di guida di 1g di accelerazione trasversale e passando il più vicino possibile alle posizioni successive da noi specificate in ottemperanza alla prova ISO 3888 come segue:

INITIAL	X= -24.0	Y= 0.0
BEGIN PERCEPTION	X= 15.0	Y= 0.0
BEGIN BRAKING	X= 45.0	Y= -3.5
IMPACT	X= 99.0	Y= -3.5

Come evidente, le condizioni all'istante INITIAL sono quelle iniziali (la prima sagoma in alto a sinistra di fig. 17); segue la condizione di uscita tra i birilli dalla prima corsia (BEGIN PERCEPTION, sagoma intermedia di fig. 17); ancora, condizione di corretto ingresso tra i birilli nella corsia a fianco (BEGIN BRAKING, ultima sagoma di fig. 17 in basso a destra); infine, condizione di corretta uscita dalla seconda corsia (IMPACT, sagoma non visibile in fig. 17). Ovviamente il nome delle successive posizioni, suggerito automaticamente da HVE nella casella Path Location, è qui del tutto casuale; in questo caso i nomi servono solo ad imporre la successione cronologica ma non sottintendono altro. Ricordiamo che ogni posizione deve essere inserita cliccando in Apply.

Lasciato al software il governo dello sterzo per passare il più vicino possibile alle posizioni di controllo, rimettiamo viceversa al nostro pilota la decisione di quando frenare.

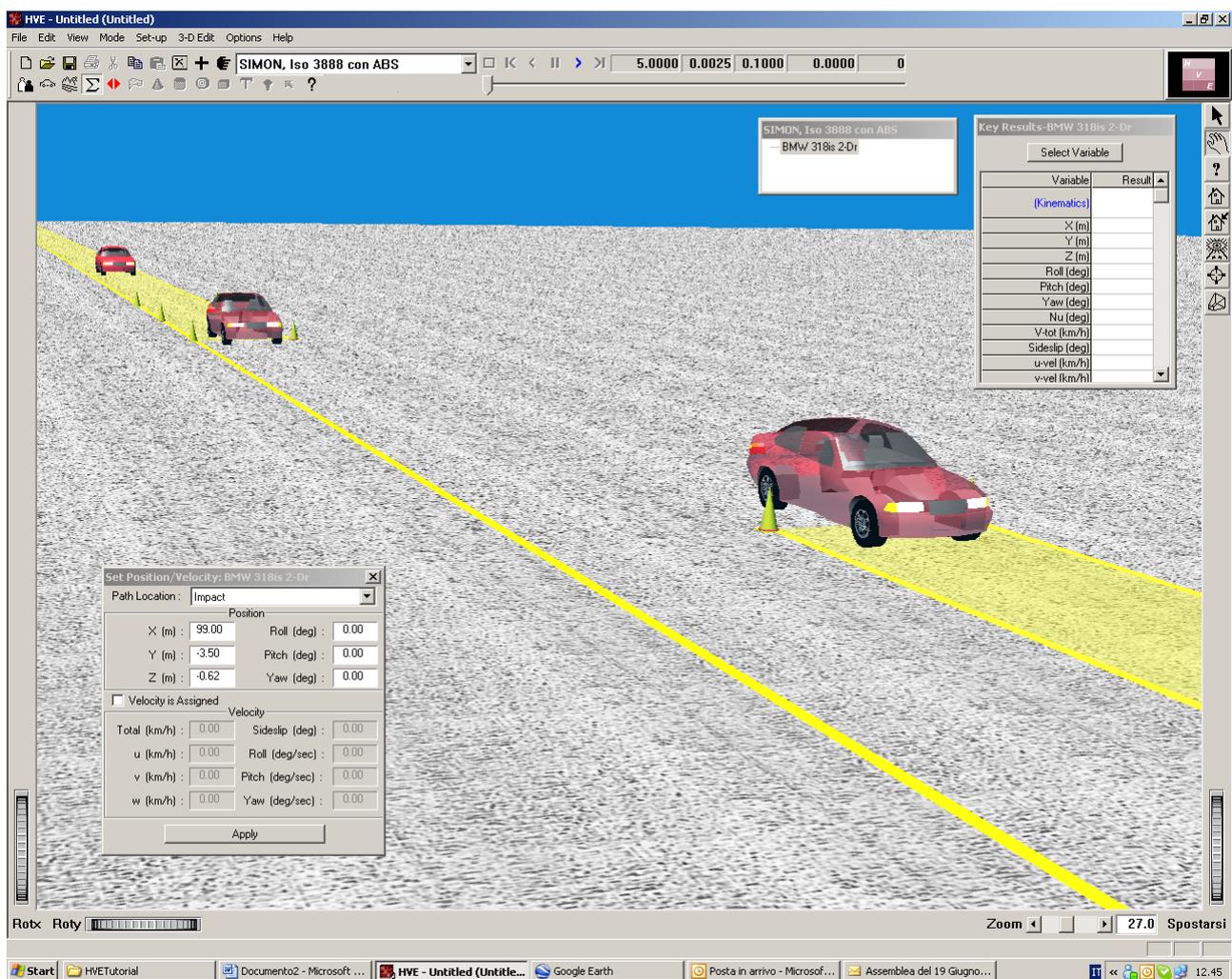


Fig. 17– Le maschere trasparenti individuano le posizioni chieste al path follower.

Ipotizziamo quindi una frenata di panico (500N) che si concretizza in un decimo di secondo, vale a dire a $t=1.5s$ il guidatore ha appena iniziato a sfiorare il freno e a 1.6s ha raggiunto e tiene costante con il piede il carico di 500N

Usiamo a tal fine la finestra di dialogo Set-Up, Driver Control, Brake, Pedal Force (Fig. 18). Infine, dal momento che l'ABS opererà a frequenza relativamente elevata, abbassiamo a 0.01s l'Output Time interval nei controlli di simulazione di Fig. 19

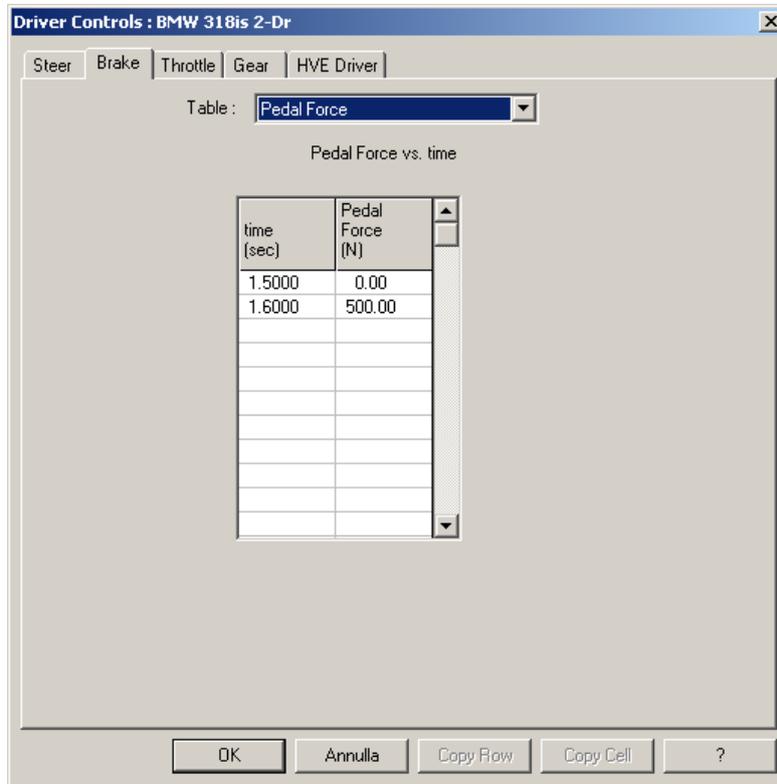


Fig. 18 – Settaggio delle condizioni di frenata da parte del conducente

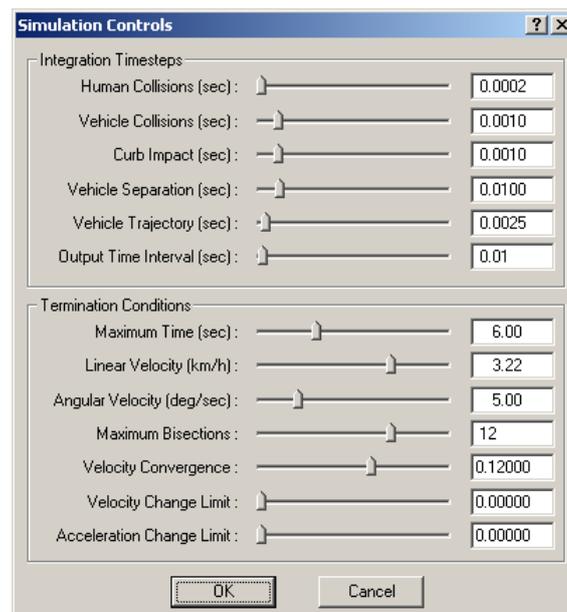


Fig. 19 – Controlli di simulazione, abbassato a 0.01s l'Output Time Interval

SIMULAZIONE ISO 3888 CON ABS

Passati all'ambiente di simulazione, se si clicca in Play si evidenzia il risultato della simulazione come in Fig. 20, con il veicolo che nonostante la frenata di panico riesce grazie all'ABS a svolgere il cambio corsia.

Si notino le deboli tracce intermittenti lasciate dalle gomme della BMW durante la frenata modulata dall'ABS.

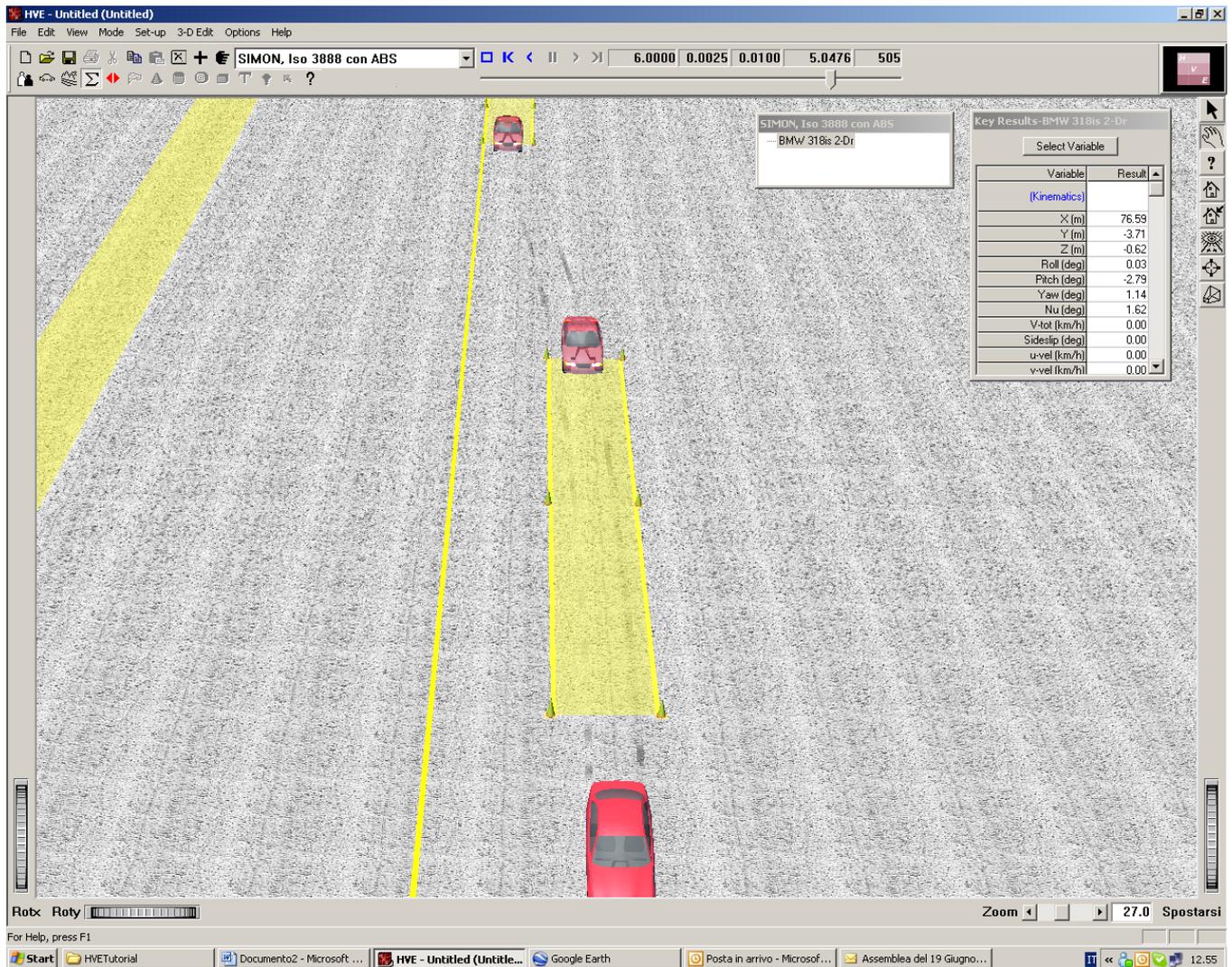


Fig. 20 – Simulazione ISO 3888 con frenata modulata dall'ABS, si notino le deboli tracce intermittenti lasciate dai pneumatici. La BMW in simulazione appare in colore rosso al bordo inferiore della figura, le due sagome trasparenti più sopra sono solo i riferimenti di controllo che il path follower cerca per quanto possibile di colpire governando solo lo sterzo.

SIMULAZIONE ISO 3888 SENZA INTERVENTO DI ABS

Per disattivare l'ABS basta ritornare in ambiente Vehicle e cliccare con il mouse sul pedale del freno, togliendo il segno di spunta sulla voce "ABS installed" (Fig. 21)

Ma prima di rilanciare la simulazione, salviamo una copia come "nuovo evento" e battezziamolo "ISO 3888 senza ABS" (Fig. 22), in modo che il nostro file di lavoro contenga poi entrambe e distinte le due simulazioni, e la seconda sia ripresa senza dover reimputare i dati rimasti invariati

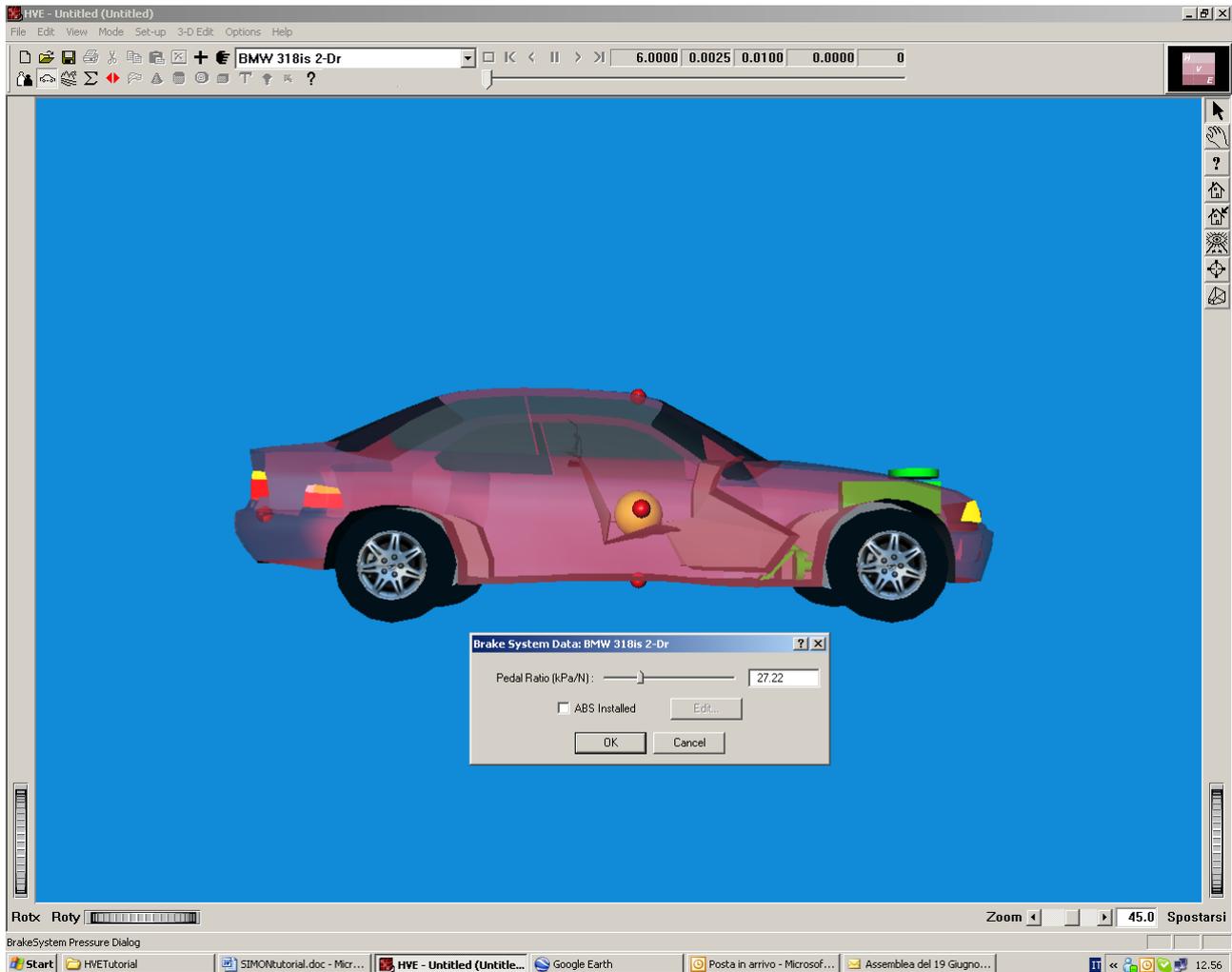


Fig. 21 – Disattivazione ABS cliccando nel pedale del freno in ambiente Vehicle

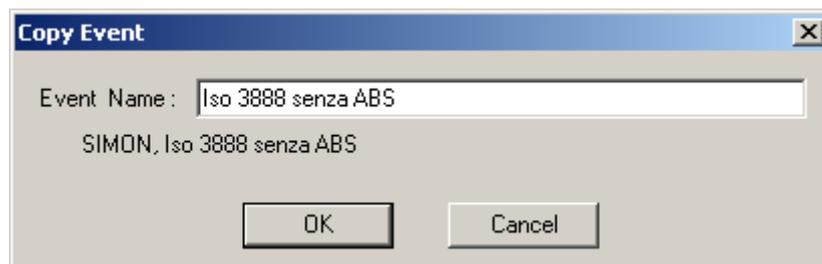


Fig. 22 – Salvataggio simulazione senza ABS senza dover reimputare gli altri dati

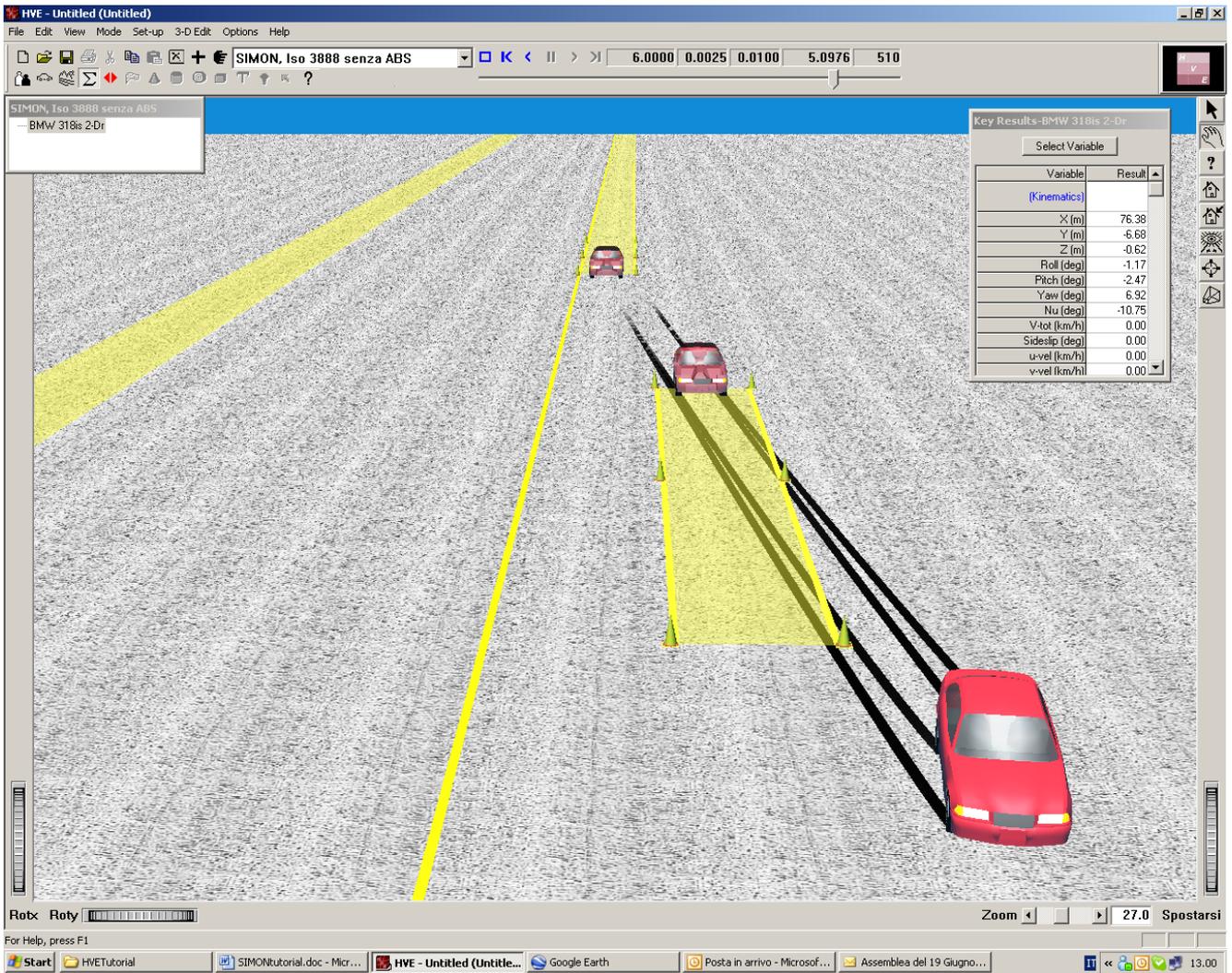


Fig. 23 – Simulazione ISO 3888 con frenata NON modulata dall'ABS, a parità di tutte le altre condizioni. Si notino le tracce ben più consistenti della frenata a ruote bloccate e, rispetto alla Fig. 20, il mancato rispetto del cambio di corsia con la vettura notevolmente scomposta.

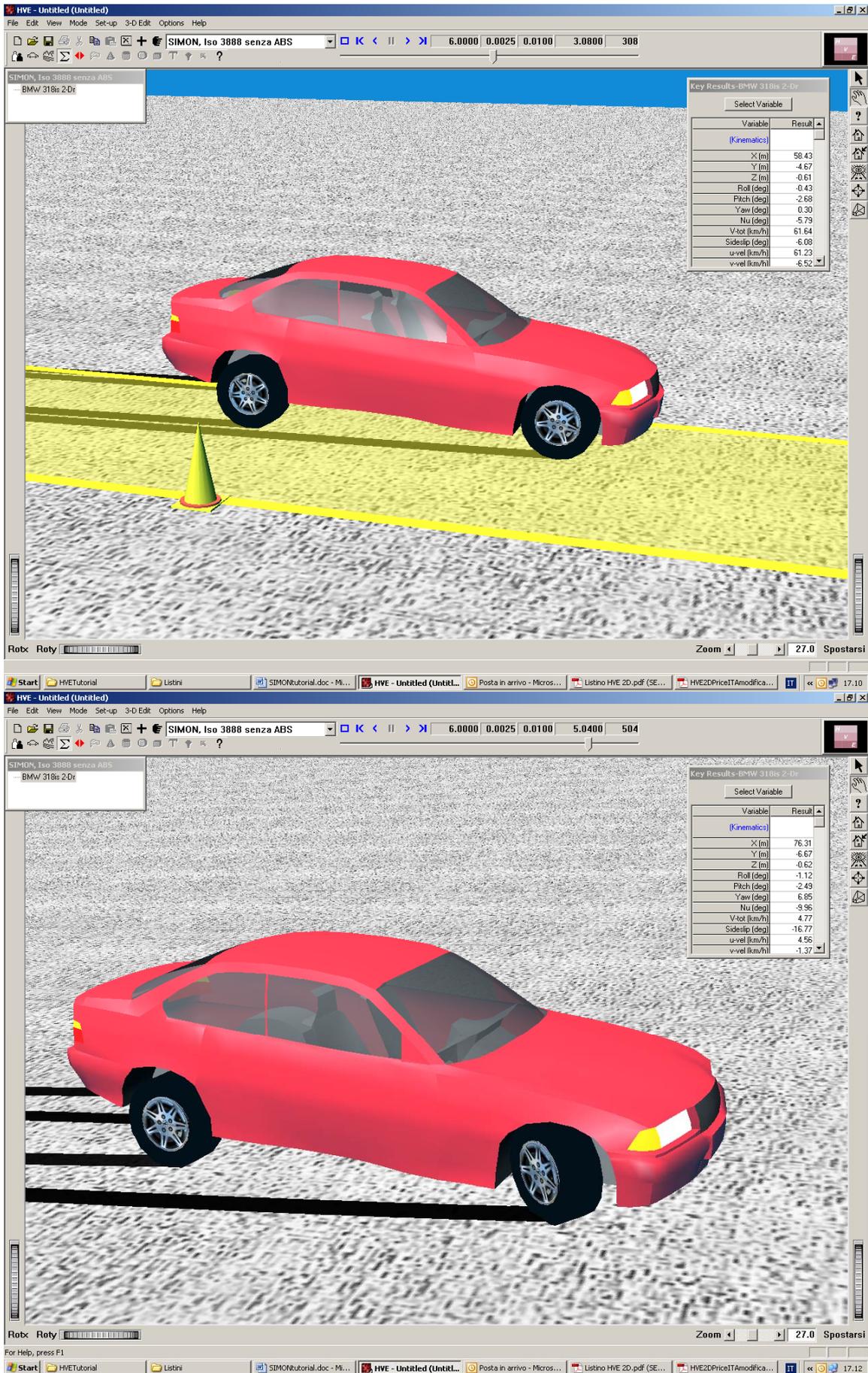


Fig. 24-25 – Ulteriori fotogrammi della simulazione ISO 3888 senza intervento di ABS

CONFRONTO DEI RISULTATI

Il software HVE consente undici diverse presentazioni dei risultati:

- 1) MESSAGGI – sono avvisi o condizioni di errore generati dal solutore fisico utilizzato (nessuno in questo caso)
- 2) ACCIDENT HISTORY – classica tabella di posizioni e velocità iniziali e finali; la BMW senza ABS (Fig. 27) impiega leggermente di più a fermarsi (5 centesimi di s) ma soprattutto non è incanalata nella seconda corsia, essendo deviata sulla propria sinistra di tre metri e girata di oltre 6° rispetto a quella con ABS (Fig. 25).
- 3) DRIVER DATA – tabella dei controlli di guida (Fig. 28), nel nostro caso identica per i due casi di BMW con o senza ABS
- 4) ENVIRONMENT DATA – tabella delle condizioni ambientali (Fig. 29), nel nostro caso identica per i due casi di BMW con o senza ABS
- 5) EVENT DATA – tabella di eventi quali variazione di carico, accelerometri aggiunti, disassamento ruota, afflosciamento pneumatico o rottura freno, nel nostro caso assenti in entrambe le simulazioni (Fig. 30)
- 6) VEHICLE DATA – i dati usati per il modello matematico del veicolo occupano ben cinque pagine di listato come in fig. 31, da cui ad esempio si verificano tutti i parametri per i pneumatici P205/60R15 montati sulla BMW
- 7) PROGRAM DATA – con i parametri del motore di simulazione, Fig. 32
- 8) VARIABLE OUTPUT – con tutti i parametri e le misure della simulazione (Fig. 33): ad esempio, si seleziona una tabella con, a variare del tempo di simulazione, la pressione nel circuito della pompa freno (13610 kPa alla frenata) rispetto al tempo di simulazione e , nelle due colonne a fianco (Fig. 34) la pressione istantanea modulata dall'ABS alla ruota anteriore e posteriore destra della BMW. Chiaramente nel caso della frenata senza ABS tale valore è viceversa costante a 13610 kPa. Il diagramma di Fig.
- 9) TRAJECTORY SIMULATION – per apprezzare la traiettoria seguita dai veicoli
- 10) DAMAGE PROFILES – per evidenziare il progressivo danneggiamento all'urto dei veicoli, non utilizzato in questo caso
- 11) VIDEO – indubbiamente, la presentazione più accattivante in grado di fornire le precise condizioni di visibilità a bordo dei veicoli come pure da parte di osservatori esterni.

```

----- ACCIDENT HISTORY -----
      time      X      Y  Heading  Vtot  U    V  Yaw Vel
      (sec)    (m)    (m)  (deg)  (km/h) (km/h) (km/h) (deg/sec)
-Start of Simulation-
  BMW 318is 2-Dr  0.0000  -24.0   0.0   0.0   110.0 110.0  0.0   0.0

--- At Final/Rest ---
  BMW 318is 2-Dr  5.0476   76.6  -3.7   1.1    0.0  0.0  0.0   0.0
    
```

Fig. 26 – Accident History per la BMW con ABS

```

----- ACCIDENT HISTORY -----
      time      X      Y  Heading  Vtot  U    V  Yaw Vel
      (sec)    (m)    (m)  (deg)  (km/h) (km/h) (km/h) (deg/sec)
-Start of Simulation-
  BMW 318is 2-Dr  0.0000  -24.0   0.0   0.0   110.0 110.0  0.0   0.0

--- At Final/Rest ---
  BMW 318is 2-Dr  5.0976   76.4  -6.7   6.9    0.0  0.0  0.0   0.0
    
```

Fig. 27 – Accident History per la BMW senza ABS

```

----- DRIVER CONTROLS -----

Driver Controls for: BMW 318is 2-Dr

PATH FOLLOWER (CLOSED-LOOP) DRIVER MODEL

Driver Start Time (sec):          0.0000
Driver Sample Interval (sec):     0.1000
Driver Preview Time (sec):        1.0000
Path Error Null Dist (m):         0.30
Lat. Accel. for Driver Discomfort (g): 1.00

Path Follower Method:             Variable Steer
Initial Steer Angle (deg):         0.00
Max Steer Velocity (deg/sec):      720.00
Steer Correction Rate (deg/sec):   480.00
Steer Correction Damping (deg):    24.00

PATH TARGET POSITIONS

Target No.  X-Coord (m)  Y-Coord (m)  Z-Coord (m)  Roll (deg)  Pitch (deg)  Yaw (deg)
1           -24.00     0.00        -0.62        0.00        0.00         0.00
2           15.00     0.00        -0.62        0.00        0.00         0.00
3           45.00    -3.50       -0.62        0.00        0.00         0.00
4           99.00    -3.50       -0.62        0.00        0.00         0.00

DRIVER CONTROL TABLES (OPEN-LOOP)

Time (sec)  Pedal Force (N)  Time (sec)  Throttle Position (%/100)
1.5000     0.00            0.0000     0.00
1.6000     500.00         □
    
```

Fig. 28 – Driver data per la BMW con ABS, uguali a quelli della simulazione senza ABS

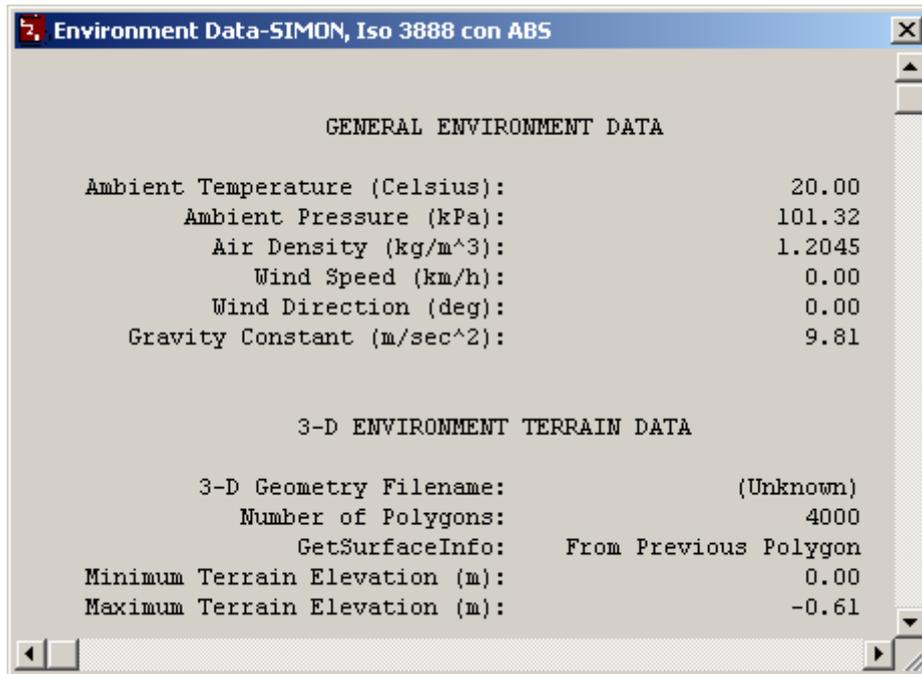


Fig. 29 – Environment data per la BMW con ABS, uguali a quelli senza ABS

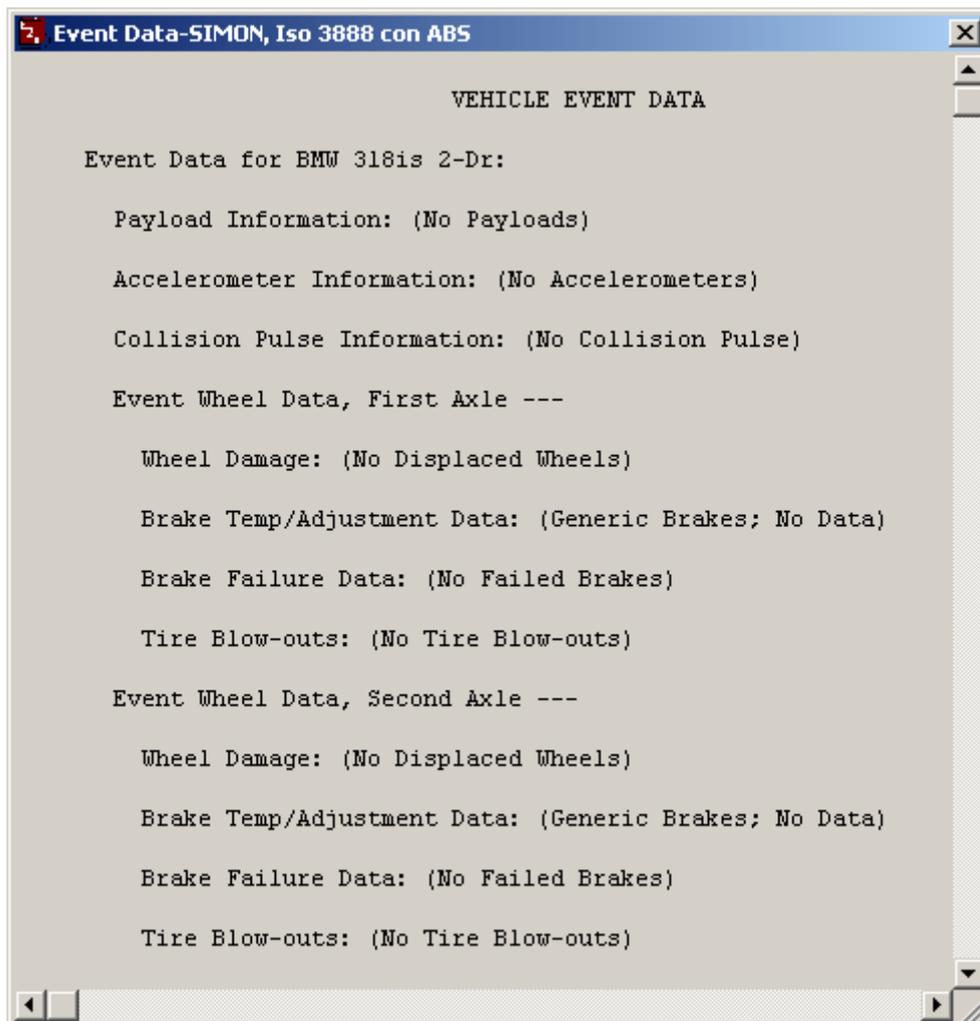


Fig. 30 – Event data per la BMW con ABS, uguali a quelli senza ABS

Untitled Thu 06/18/09 18:0:15
 Vehicle Data-SIMON, Iso 3888 con ABS HVE Version 6.20
 Licensed User: Lista Studio srl PAGE 1

VEHICLE DATA

General Information ---
 Vehicle Name: BMW 318is 2-Dr
 Vehicle Type: Passenger Car
 Vehicle Make: BMW
 Vehicle Model: 318is
 Vehicle Year: 1992-1999
 Vehicle Body Style: 2-Door
 Version No: V 5.20 (RCS \$Revision: 1.9
 Number of Axles: 2
 Driver Location: Left Side
 Engine Location: Front Engine
 Drive Axle(s): Axle 2

Sprung Mass Dimensional Data ---
 Overall Length (cm): 442.85
 Overall Width (cm): 169.42
 Overall Height (cm): 136.52
 Ground Clearance (cm): 20.57
 Wheelbase (cm): 270.00
 CG to Front Axle (cm): 135.23
 CG to Back Axle (cm): -134.77
 CG Height (cm): 61.98
 Front Overhang (cm): 73.94
 Rear Overhang (cm): 98.91

Sprung Mass Inertial Data ---
 Total Weight (N): 13050.85
 Sprung Weight (N): 12250.16
 Sprung Mass (kg): 1248.16
 Spng Mass Rot Inertia (kg-m²) - Roll: 257.02
 Pitch: 1797.61
 Yaw: 2642.82
 XZ Product: 0.00

Sprung Mass Aerodynamic Parameters ---
 Surface Name: Front
 Drag Coefficient: 0.3100
 Proj. Surface Area (cm²): 17679.71
 Center of Pressure (cm) - x: 209.17
 y: 0.00
 z: 0.00

Brake System Data ---
 Brake Pedal Ratio (kPa/N): 27.22
 ABS System: Tire Slip Algorithm
 ABS Controller Location: This Vehicle
 Sample Method: Wheel-Based
 Delay Method: Wheel-Based
 Threshold Pressure (kPa): 68.95
 Threshold Velocity (km/h): 6.44

Steering System Parameters ---
 First Axle: Steerable
 Steering Gear Ratio (deg/deg): 15.40
 Right Side Left Side
 Caster (deg): 2.12 2.12
 Inclination Angle (deg): 13.35 13.35
 Steering Offset (cm): 0.00 0.00
 Stub Axle Length (cm): 7.58 7.58
 Initial Steer Axis Coord (cm) - x: 135.23 135.23

Untitled Thu 06/18/09 18:0:16
 Vehicle Data-SIMON, Iso 3888 con ABS HVE Version 6.20
 Licensed User: Lista Studio srl PAGE 2

y: 62.77 -62.77
 z: 30.59 30.59

Second Axle: Not Steerable

Drivetrain Parameters ---
 Engine Description: 1.8L 4-Cylinder, 4-sp Auto
 Maximum Power (kW): 103
 Maximum Torque (N-m): 176
 Transmission Forward Speeds: 4
 Differential Speeds: 1

Wide-open Throttle, Speed (RPM):	500	2000	4500	5500	6000	7000
Power (kW):	2	34	53	98	103	85
Torque (N-m):	35	160	176	171	164	122

Closed Throttle, Speed (RPM):	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
Power (kW):	-0	-1	-4	-8	-15	-23	-33	-44
Torque (N-m):	-4	-9	-17	-26	-35	-43	-52	-61

Transmission Type: Manual

Transmission Gear:	Rev	1st	2nd	3rd	4th
Numerical Ratio:	-2.00	2.86	1.62	1.00	0.72

Differential Gear Ratio: 4.440

Wheel Location Information, First Axle ---
 Right Side Left Side
 Initial Wheel Coordinates (cm) - x: 135.23 135.23
 y: 70.36 -70.36
 z: 30.62 30.62

Suspension Information, First Axle ---
 Suspension Type: Independent
 Auxiliary Roll Stiffness (N-m/deg): 674.07
 Right Side Left Side
 Spring Rate (N/cm): 216.39 216.39
 Viscous Damping (N-sec/m): 1411.52 1411.52
 Coulomb Friction (N): 222.41 222.41
 Friction Null Band (cm/sec): -12.70 12.70
 Deflection to Jounce Stop (cm): -12.70 -12.70
 Stop Linear Rate (N/cm): 525.38 525.38
 Stop Cubic Rate (N/cm³): 162.87 162.87
 Stop Energy Ratio (%/100): 0.50 0.50
 Deflection to Jounce Stop (cm): 13.97 13.97
 Stop Linear Rate (N/cm): 525.38 525.38
 Stop Cubic Rate (N/cm³): 162.87 162.87
 Stop Energy Ratio (%/100): 0.50 0.50
 Roll Steer Const. Coef (deg): 0.00 0.00
 Roll Steer Linear Coef (deg/cm): 0.00 0.00
 Roll Steer Quadratic Coef (deg/cm): 0.00 0.00
 Roll Steer Cubic Coef (deg/cm): 0.00 0.00

Camber and Half-track Tables
 Right Side Left Side
 Susp 1/2-track Susp 1/2-track
 Defl Camber Change Defl Camber Change
 (cm) (deg) (cm) (cm) (deg) (cm)
 -12.70 -0.25 0.00 -12.70 -0.25 0.00
 0.00 -0.25 0.00 0.00 -0.25 0.00
 13.97 -0.25 0.00 13.97 -0.25 0.00


```

Untitled                                     Thu 06/18/09 18:0:16
Vehicle Data-SIMON, Iso 3888 con ABS         HVE Version 6.20
Licensed User: Lista Studio srl             PAGE 5

Load No.: 1 2 3 1 2 3
Speed No. 1: 660.6 1161.8 1328.8 660.6 1161.8 1328.8

Camber Stiffness (N/deg/tyre):
-----Right Side-----Left Side-----
Loads (N): 2967.0 5933.9 8900.9 2967.0 5933.9 8900.9
Speeds (m/sec): 13.4 13.4 13.4
Load No.: 1 2 3 1 2 3
Speed No. 1: 66.1 116.2 132.9 66.1 116.2 132.9

Tire Friction Table:
-----Right Side-----Left Side-----
Loads (N): 2967.0 5933.9 8900.9 2967.0 5933.9 8900.9
Speeds (m/sec): 13.4 13.4 13.4
Speed No. 1, Load No.: 1 2 3 1 2 3
Peak Mu: 0.9810 0.9890 0.8940 0.9810 0.9890 0.9940
Slide Mu: 0.8660 0.7560 0.6750 0.8660 0.7560 0.6750
Slip @ Peak Mu (%/100): 0.2440 0.1680 0.1460 0.2440 0.1680 0.1460
Long. Stiffness (N/slip): 28913.4 75619.8155687.8 28913.4 75619.8155687.8

Brake Information, Second Axle ---
-----Right Side-----Left Side-----
Brake Assembly Type: Generic Brake Generic Brake
Brake Time Lag (sec): 0.0000 0.0000
Brake Time Rise (sec): 0.0000 0.0000
Pushover Pressure (kPa): 0.00 0.00
Nominal Brake Torque Ratio (N-m/kPa): 0.11 0.11

ABS Parameters ---
Min Wheel Slip (%/100): 0.0500 0.0500
Max Wheel Slip (%/100): 0.1500 0.1500
Apply Delay (sec): 0.0500 0.0500
Pri Apply Rate (kPa/sec): 34473.78 34473.78
Sec Apply Rate (kPa/sec): 3447.38 3447.38
Release Delay (sec): 0.0500 0.0500
Release Rate (kPa/sec): 68947.57 68947.57
    
```

Fig. 31 – Vehicle data per la BMW con ABS, uguali a quelli senza ABS

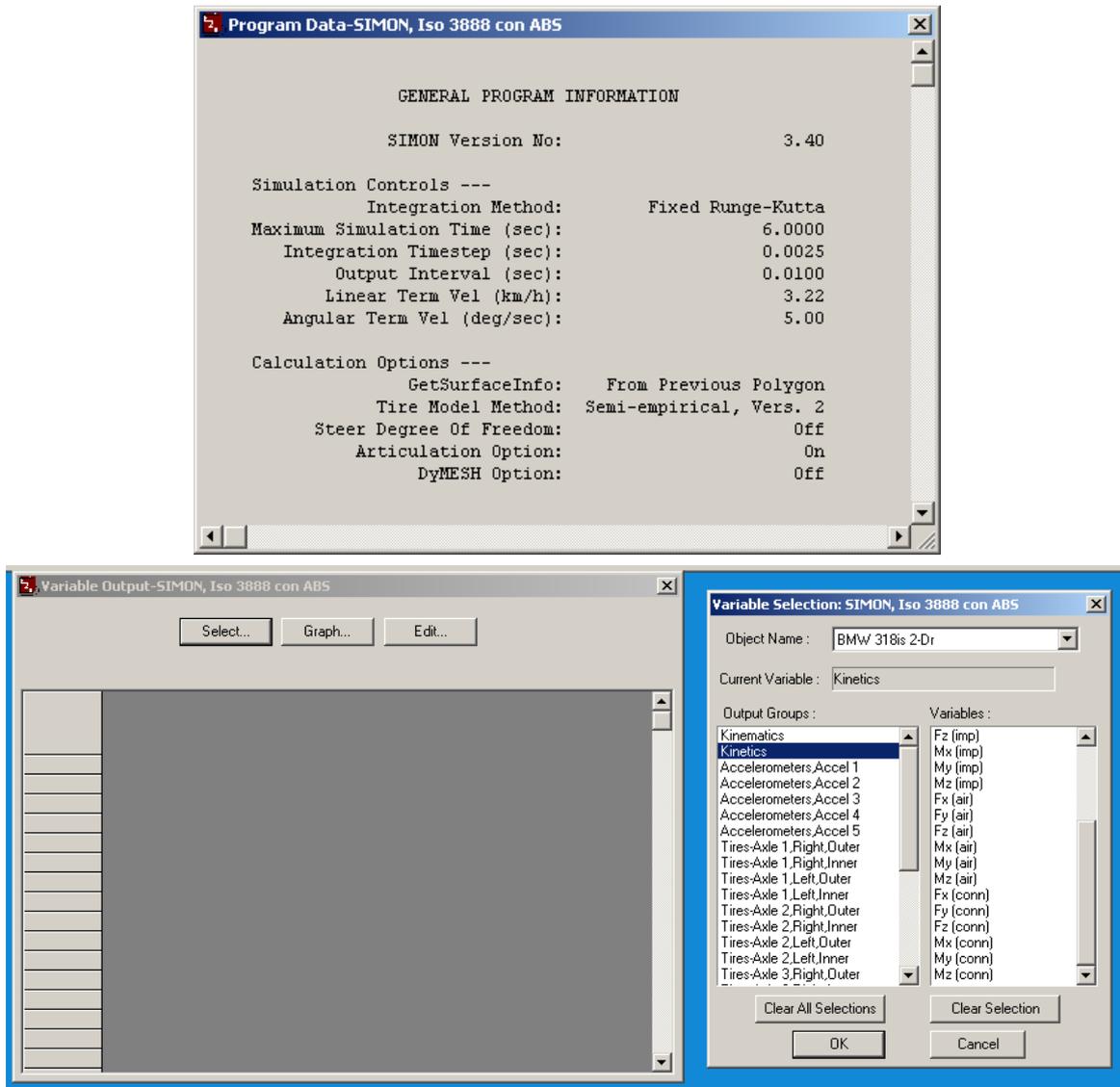


Fig. 32- 33 – Program Data per il motore SIMON e Variable Output con tutti i parametri

Time (sec)	BMW 318is 2-Dr Brake System (kPa)	BMW 318is 2-Dr Axle 1, Righ Brake Press (kPa)	BMW 318is 2-Dr Axle 2, Righ Brake Press (kPa)
2.6600	13610.00	8690.08	11376.60
2.6700	13610.00	9034.81	11376.60
2.6800	13610.00	9379.55	11376.60
2.6900	13610.00	9724.29	11376.60
2.7000	13610.00	10069.02	11204.92
2.7100	13610.00	10413.76	10517.51
2.7200	13610.00	10758.49	9828.04
2.7300	13610.00	10931.56	9138.56
2.7400	13610.00	10932.26	8449.08
2.7500	13610.00	10932.26	7759.61
2.7600	13610.00	10932.26	7070.13
2.7700	13610.00	10932.26	6380.66
2.7800	13610.00	10588.96	5691.18
2.7900	13610.00	9900.93	5001.71
2.8000	13610.00	9211.46	4312.23
2.8100	13610.00	8693.62	3622.76
2.8200	13610.00	8691.41	3448.18
2.8300	13610.00	8691.41	3447.44
2.8400	13610.00	8691.41	3447.44
2.8500	13610.00	8691.41	3447.44
2.8600	13610.00	8777.22	3447.44
2.8700	13610.00	9120.82	3704.86
2.8800	13610.00	9465.56	4049.22
2.8900	13610.00	9810.30	4393.96
2.9000	13610.00	10155.03	4738.70
2.9100	13610.00	10499.77	5083.43
2.9200	13610.00	10844.51	5428.17
2.9300	13610.00	11189.24	5772.91
2.9400	13610.00	11190.81	6117.65
2.9500	13610.00	11190.81	6290.81
2.9600	13610.00	11190.81	6291.60
2.9700	13610.00	11190.81	6291.60
2.9800	13610.00	11190.81	6291.60
2.9900	13610.00	10504.56	6291.60
3.0000	13610.00	9815.08	5948.48
3.0100	13610.00	9125.61	5260.63
3.0200	13610.00	8436.13	4571.16
3.0300	13610.00	8261.29	3881.69
3.0400	13610.00	8260.47	3192.21
3.0500	13610.00	8260.47	2502.74

Fig. 34 – Esempio di dati desunti dalla finestra Variable Output Selection. Nella prima colonna il tempo di simulazione ad 0 a 6 secondi (qui si considera l'intervallo da 2.66 a 3 secondi), nella seconda colonna la pressione nella pompa freno (13610 kPa), nella terza e nella quarta colonna rispettivamente la pressione al freno della ruota anteriore e della ruota posteriore destra della BMW come modulate dall'ABS.

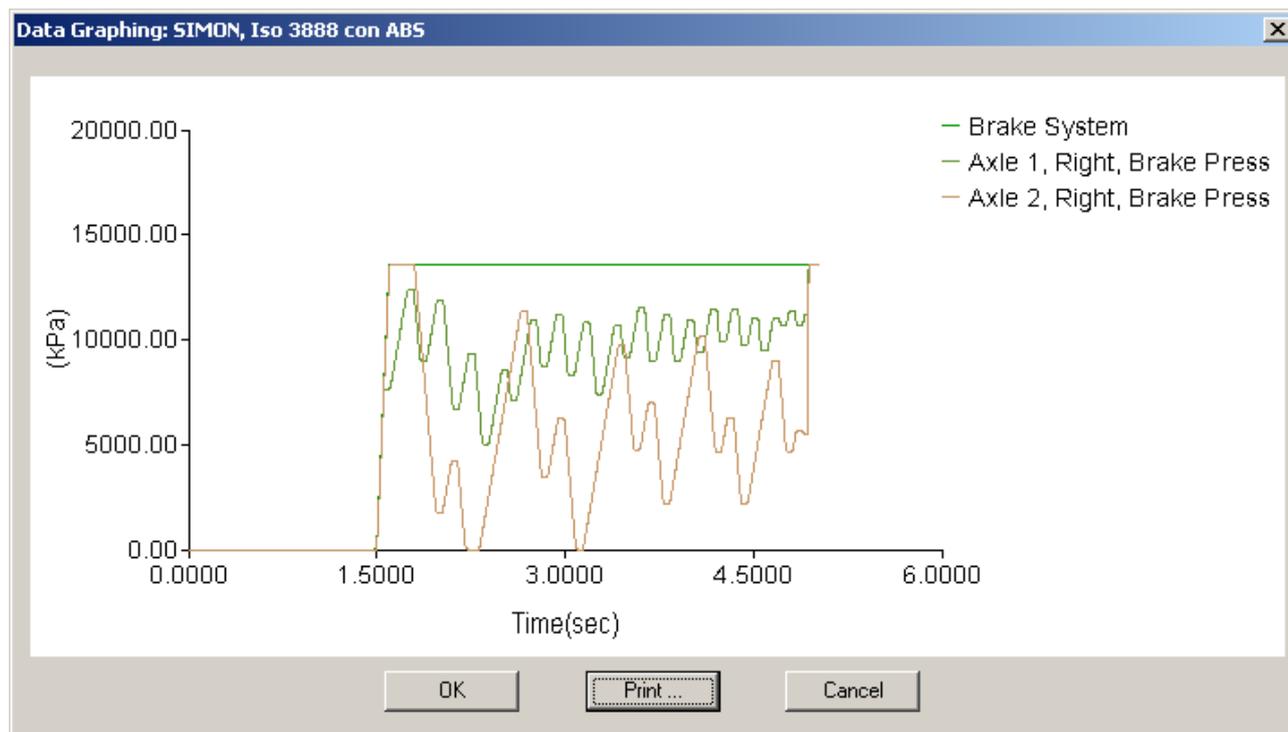


Fig. 35 – Grafico dei valori tabellati di Fig. 34, che evidenzia il ruolo svolto dall'ABS nel modulare la frenata nella simulazione ISO 3888 plottando la pressione istantanea al freno della ruota anteriore destra (in verde) e posteriore destra (in rosso) rispetto alla pressione nella pompa freno: al tempo $t=1,5$ secondi inizia la frenata e a $t=1,6$ s nella pompa freno si hanno 13610 kPa costanti fino alla conclusione della frenata

CONCLUSIONI

L'esempio proposto evidenzia come con HVE sia possibile simulare la frenata di un veicolo modellando accuratamente la presenza o meno dell'ABS.

Le illustrazioni chiariscono come l'utente non sia costretto ad inserire i parametri e le caratteristiche di intervento dell'ABS, cosa invero sempre possibile, ma a seconda del modello di vettura prescelto HVE contiene già caricate le logiche corrette di intervento delle centraline ABS.

In particolare, HVE implementa due algoritmi per modellare l'ABS, il Tire slip ed il Bosch Version 1 Algorithm applicato appunto nel caso della BMW.

Infine, le strisce di frenatura che appaiono in Fig. 20 sono modulate in opacità e superficie tenendo conto dei minimi slittamenti longitudinali e trasversali durante le azioni combinate di sterzo e freno come quelle che si hanno durante la prova ISO 3888. Non sono quindi mero effetto scenico ma plottaggio di un dato di calcolo che può essere utilizzato in simulazione quanto in ricostruzione.

ULTERIORI INFORMAZIONI

Ing. Paolo Lista, Lista Studio srl, Borgo Belvigo 33, 36016 Thiene Vi
tel. 0445,382056 fax 0445,382056 e-mail info@lista.it