

GIUDICE DI PACE DI RIMINI

Giudice di Pace dott. L. Varisco

R. G. 19/08 n. 6202/08

Consulenza tecnica d'ufficio

Nella causa promossa da

MONTEAURO COOP Soc.a.r.l.

Rappresentato e difeso dall'avv. CARLA FALCO.

(attore)

contro

COMUNITA' MONTANA VALLE DEL MARECCHIA

Rappresentato e difeso da Dott. S. Sticchi

(convenuto)

OGGETTO: RICORSO EX ART. 22 L. 689/81, IN OPPOSIZIONE A SANZIONE AMMINISTRATIVA

RELAZIONE DI CONSULENZA TECNICA D'UFFICIO

Con ordinanza 26/04/08 R.G. 19/08, notificata il 26/04/08, del sig. Giudice di Pace dott. Luigina Varisco, il sottoscritto ing. Lucio Pardo, iscritto all'Albo degli Ingegneri di Bologna al n. 2909, è stato nominato CTU nella vertenza sopra richiamata.

Prestato il giuramento di rito, nell'udienza del 8/5/08, il Giudice di Pace, come da verbale di udienza in appresso riportato, ha incaricato il sottoscritto Ing. Lucio Pardo, nato a Trieste il giorno 8/7/1936, con studio in Bologna in V. Etruria 6, tel/fax: 051 533 699, di professione ingegnere, specializzato in trasporti, di rispondere ai seguenti quesiti.

QUESITI

“Con riferimento agli impianti semaforici di cui all'art. 41 del C.d.S. del Comune di Santarcangelo di Romagna ed alla disciplina dettata per la luce gialla ai commi 2 e 10.

Dica il CTU:

- 1) quale debba essere la durata dell'accensione della lampada gialla, che precede l'accensione di quella rossa, perché possa ritenersi rispettato il principio di prudenza di cui all'art. 41, comma 10 del CdS, secondo cui “durante il periodo di accensione della luce gialla, i veicoli non possono oltrepassare gli stessi punti stabiliti per l'arresto di cui al comma 11, a meno che non vi si trovino così prossimi al momento dell'accensione della luce gialla, che non possano più arrestarsi in condizioni di sufficiente sicurezza, in tal caso essi debbono sgomberare sollecitamente l'area di intersezione con opportuna prudenza”.
- 2) determini i tempi di accensione della luce gialla rispetto ad una frenata che consenta di fermare il veicolo prima della linea d'arresto, secondo una decelerazione media, dovendosi escludere l'ipotesi di brusche frenate e ciò in rapporto ai vari

veicoli ed ai molteplici parametri sotto indicati e, qualora lo studio si appalesi eccessivamente difficoltoso per vie delle troppe variabili, in rapporto ai valori medi di detti parametri.

3) nella determinazione della predetta durata, il CTU dovrà tenere conto:

- Del tempo di reazione del conducente medio (già prestabilito in sede di esame medico per la concessione della patente ex art. 324 (REG C.d.S.).
- Del tempo di valutazione del conducente medio, ovvero del tempo necessario al conducente per accertare di non avere a tergo veicoli tanto prossimi da costituire un rischio di tamponamento in caso di frenata,
- Della natura del fondo stradale (asfaltata , lastricata o altro),
- Del tipo di veicolo a motore in arrivo (motociclo, autoveicolo, autocarro, corriera....),
- Delle condizioni atmosferiche (strada asciutta, umida, fangosa, bagnata da pioggia battente),
- Delle condizioni medie dei pneumatici dei vari veicoli,
- Del tempo di trasmissione meccanica ed oleodinamica dell'azione frenante e di ogni altro fattore influente sulla durata dell'azione frenante, a partire dall'istante di accensione del giallo fino a quello del rosso,
- Della correlazione di tutti i dati sopra elencati alla velocità massima consentita sulla strada in questione.

4) Accerti l'esatta corrispondenza in entrambi i T – Red fra fotogramma ed ora indicata sullo stesso.

Il Giudice da termine di 60 gg. A partire da oggi per la consegna dell'elaborato peritale

Il Giudice dispone che il CTU

- Raccolte le osservazioni dei c.t.p. , anche in forma scritta , comunichi a questi la relazione finale dando loro termine di 10 gg. per eventuali osservazioni cui il C.T.U. darà congrua risposta nell'elaborato peritale
- depositi la CTU entro il giorno 08/07/2008
- acceda, ove necessario, ad uffici per l'esame e la duplicazione di atti e documenti.

Il Giudice

(Firmato)

Luigina Varisco

Il CTU chiede un fondo spese di Euro 1.000,00 (mille)

Il CTU (anche per ritiro fascicoli)

Firmato

Lucio Pardo

Il Giudice

- concede il fondo spese di Euro 1.000,00 che pone a carico della comunità Montana Valle del Marecchia

- autorizza le parti a nominare i propri CTP
- rinvia all'udienza del 10/7/2008 ore 10,00

L. Varisco

La Comunità Montana nomina come proprio CTP l'ing. Luciano Bartolini con studio in Cesena via Versilia n. 229 .

Il CTU dichiara:

- di cominciare immediatamente lo studio richiesto,
- di accettare il termine di gg. 60 per la consegna dell'elaborato peritale finale,
- di accettare il termine di giorni 40 per la predisposizione della pre CTU da consegnare al CTP per le considerazioni in merito, da restituire entro 10 gg. dalla consegna della pre CTU,
- di accettare il termine ulteriore di giorni 10 per l'elaborazione finale, dopo la consegna delle osservazioni del CTP.

Il CTP dichiara di accettare i termini di sua competenza.

Inoltre, il Giudice ha consegnato al CTU:

- la Comparsa di Costituzione e Risposta della Comunità Montana Valle del Marecchia, ente pubblico territoriale (RN) via Roma 21/G, in persona del legale rappresentate Presidente d.ssa Anita Tognacci, rappresentata e difesa dal Dott. Salvatore Sticchi e dal Dott. Stefano Paolucci, con studio in Strada Ponte Messa 145, 61016 Pennabilli (PU) tel. 0541 91 87 13, contro la ditta Monte Mauro Coop. Soc. a.r.l. con sede in Coriano (RN) in via Chiesa n. 3, assistito e difeso dall'Avv. Carla Falco, con studio in via Fratelli Bandiera n. 32, 47039 Savignano S/R tel 0541 94 21 22.
- il fascicolo dei documenti prodotti dalla Comunità Montana Valle del Marecchia, resistente, comprensiva del ricorso dell'attore Monte Tauro Coop.
- ed ha fissato l'udienza per la discussione l'8/7/2008 ore 10.00.

1. ELEMENTI OGGETTIVI DEL COMUNE DI S. ARCANGELO

Come stabilito nel verbale udienza, il sottoscritto:

- ha preso atto del contenuto dei documenti affidatigli,
- ha svolto altre indagini in S. Arcangelo di Romagna, e presso la Società Heraluce Srl, via due Martiri 2 – 47030 S. Mauro Pascoli (FC) gestore di impianti semaforici e di rilevamento infrazioni, in merito ai due incroci di S. Arcangelo, regolamentati con fasi semaforiche controllate con il sistema: T – RED

I documenti acquisiti e riportati in allegato alla presente, per gli incroci fra le vie BRASCHI – MONTEVECCHI E BRASCHI – MAZZINI, sono i seguenti:

1.1. DOCUMENTI AGLI ATTI

A- PLANIMETRIE, FOTO E DIAGRAMMI DI FASI SEMAFORICHE

1. planimetria dell'intersezione Braschi Monte Vecchi.
2. planimetria dell'intersezione Braschi Mazzini.
3. foto aerea dell'intersezione Braschi Monte Vecchi.

4. **foto aerea dell'intersezione Braschi Mazzini.**
5. **foto aerea globale**
6. **foto di attraversamento intersezione Braschi Monte Vecchi.**
7. **foto di attraversamento dell'intersezione Braschi Mazzini.**
8. **Diagramma delle fasi semaforiche Braschi Monte Vecchi.**
9. **Diagramma delle fasi semaforiche Braschi Mazzini.**

B- DOCUMENTI DI CONFORMITA', INSTALLAZIONE E VERIFICA.

1. **Decreto del Ministero dei Trasporti n. 1130 del 18/3/2004 . Di approvazione del documentatore fotografico di infrazioni ITALTRAFF Srl denominato "Photored F 17/A";**
2. **Decreti di approvazione ed omologazione dell'apparecchiatura T-RED nr. 3458/05 e n. 19043/06 della Società KRIA Srl;**
3. **Certificati di conformità del 2/5/2007 della società KRIA Srl, produttrice dei sistemi T-RED, e certificati di installazione del 10/7/2007, della società CI. TI. ESSE. Srl, controllo traffico stradale, relativamente ai documentatori fotografici di infrazioni omologati con Decreto 3458/05 e 19403/06, per le apparecchiature installate nell'incrocio Mazzini – Braschi ed identificati con Matr. 320 – 160 – 308 – 309 – 300 -163 - 201 – 202, nonché per le apparecchiature installate all'incrocio Braschi – Montevecchi ed identificate con Matr. -324 - 332 - 226 -303 – 322 – 85.**
4. **Certificati di Verifica del 13/5/2008 a firma dell'Amministratore Unico Raul Cairoli e del Tecnico Marco Seveso corredati da relativa scheda tecnica con rapporto di installazione e taratura T – RED , per ciascuno dei 14 impianti elencati al punto precedente.**

1.2. RILIEVI PRELIMINARI SUGLI INCROCI IN OGGETTO.

Il quesito al CTU richiede (n. 4), anche "l'esatta corrispondenza" in entrambi i "T- RED" fra fotogramma ed ora indicata sullo stesso.

Per rispondere Il sottoscritto ha proposto il rilevamento, da parte di terzi, della durata di accensione della lampada gialla, e delle altre nell'impianto semaforico: Braschi Montevecchi (v. tav. 1, pag. 11) ed in quello di Braschi – Mazzini (v. tav. 2, pag. 12), impianti predisposti. per la rilevazione automatica delle infrazioni ex art. 146³ C.d.S.

Per richiesta, e con autorizzazione del Giudice di Pace, si è deciso di effettuare una rilevazione su veicoli in transito da parte di altro Istituto, analoga e parallela a quella effettuata con strumentazione Heraluce.

Sono stati consultati:

1. **la Federazione Cronometristi Italiana Sezione di Forlì**
2. **la Federazione Cronometristi Italiana Sezione di Cesena**
3. **l'Istituto Giordano SpA Certificazioni di qualità –Gatteo (FC).**

I primi due enti si sono dichiarati impossibilitati di eseguire le rilevazioni per carenza di tempo disponibile, nel periodo richiesto.

L'Istituto Giordano si è invece dichiarato pronto.

Pertanto, il giorno 7/6/2008 sono state effettuate dall'Istituto Giordano le rilevazioni richieste, alla presenza del CTU, del CTP dei rappresentanti e tecnici di Valmarecchia, Giordano, Heraluce e P.U. di S. Arcangelo.

(Cfr Verbale di Prova, allegato alla presente).

Le misurazioni sono state effettuate in condizioni di pioggia battente, con buona aderenza pneumatico – strada perfettamente

lavati.

Sono stati misurati i tempi delle fasi semaforiche nei due incroci.

Un'automobile "civetta" è transitata diverse volte, attraverso i suddetti incroci, mentre si effettuavano riprese con apparecchiature Heraluce e Giordano in parallelo fra loro.

Seguono i risultati che raffrontano i tempi dichiarati da Heraluce con quelli rilevati su strada da Giordano, inviati via E Mail in anticipo sul documento finale (Rapporto di prova n. 242038 effettuato dall'Istituto Giordano il 7.6.2008. in S.Arcangelo di Romagna)

1.3. INCROCIO N. 1 (BRASCHI- MONTEVECCHI):

TEMPI DI FUNZIONAMENTO (in s..) DICHIARATI DA HERALUCE PER LE DIVERSE FASI SEMAFORICHE DEL NODO 1 (BRASCHI – MONTEVECCHI)

NODO	FASE	VERDE	GIALLO	ROSSO	ALL RED
1	SS 9 RIMINI / CESENA	61	4	29	2
1	SS 9 CESENA / RIMINI	50	5	39	2
1	MONTEVECCHI	23	4	67	2
1	DURATA TOTALE DEL CICLO 96"				

TEMPI DI FUNZIONAMENTO RILEVATI SPERIMENTALMENTE DA GIORDANO SU STRADA (I DUE BRACCI DI VIA MONTEVECCHI SONO RIPORTATI ENTRAMBI)

NODO	FASE	VERDE	GIALLO	ROSSO	ALL RED	TOT. DEL CICLO

1	I	49,98	5,02	38,98	2	95,98
1	II	22,99	4,01	67,00	2	96,00
1	III	60,97	4,02	28,99	2	95,98
1	IV	22,96	4,04	66,96	2	95,96

1.4 INCROCIO N. 2 BRASCHI – MAZZINI

TEMPI DI FUNZIONAMENTO (in s.) DICHIARATI DA HERALUCE PER LE DIVERSE FASI
SEMAFORICHE DEL NODO 2 (BRASCHI - MAZZINI)

2	SS 9 RIMINI / CESENA	45	4	45	2
2	SS 9 CESENA / RIMINI	53	4	37	2
2	MAZZINI LATO STAZIONE	19	4	71	2
2	MAZZINI LATO CENTRO	31	4	59	2
2	PEDONALE MAZZINI	49	8	37	2
2	DURATA TOTALE DEL CICLO 96"				

TEMPI DI FUNZIONAMENTO RILEVATI SPERIMENTALMENTE DA GIORDANO

NODO	FASE	VERDE	GIALLO	ROSSO	ALL RED	TOT. DEL CICLO
------	------	-------	--------	-------	------------	-------------------

1	I	44,97	4,01	45,00	2	95,98
1	II	18,97	4,01	71,00	2	95,98
1	III	30,97	4,03	58,98	2	95,98
1	IV	52,99	4,02	36,97	2	95,98

Dal confronto, dei tempi dichiarati dai tecnici di Heraluce, con quelli rilevati su strada dall'Istituto Giordano, si ricava la piena corrispondenza delle diverse misure. I margini d'errore sono contenuti entro il 2% che corrisponde alla tolleranza degli apparecchi di misura.

5. FOTOGRAMMI DI TELECAMERE T-RED E DI ISTITUTO GIORDANO

confronto sperimentale fra i tempi

Per verificare la corrispondenza del fotogramma con l'ora indicata sullo stesso, si è fatta passare una vettura "civetta" della P.U. con la fase di giallo e quella di rosso.

Durante la simulazione, l'Istituto Giordano ha ricavato dei filmati dei diversi passaggi effettuati in tempi diversi, ha acquisito gli analoghi filmati, ricavati dalla strumentazione T- RED e li ha confrontati con i propri.

Il confronto ha indicato la perfetta corrispondenza delle sequenze dei fotogrammi dell'istituto Giordano con quelli di Heraluce T – RED. La precisione è analoga a quella del paragrafo precedente (entro il 2%).

In allegato, si producono i Verbali di Prova dell'istituto Giordano, ed i filmati delle rilevazioni Giordano ed Heraluce, posti a confronto fra loro.

Si deduce che i tempi indicati nelle schede fotografiche prodotte dal sistema T-RED sono corretti e che le strumentazioni di Heraluce, posta ad un'altezza di 4 mt. sul piano stradale e protette da custodie, non sono suscettibili di manomissioni.

Naturalmente l'autovettura "civetta" è transitata nell'incrocio durante la fase di rosso che attiva il rilevamento dell'infrazione e durante il passaggio dalla fase di giallo, a quella di rosso, quando, entro 150/1000 sec. inizia il rilevamento.

Non c'è nessun rilevamento, durante la fase verde.

La simulazione non è perfetta. Non si è riusciti, ad effettuare il passaggio della linea d'arresto, proprio alla fine della fase di giallo ed all'inizio di quella di rosso, per la difficoltà di passare proprio alla fine del giallo, per l'impossibilità di rendersi conto a bordo dell'inizio del rosso (l'argomento è oggetto di confronto scritto fra CTP e CTU) e per le condizioni esterne di particolare difficoltà (interruzione del traffico, pioggia battente).

Infine, per cercare di valutare sperimentalmente lo spazio di frenatura e quello di arresto, a partire da un dato traguardo, si è simulato il rosso con un comando vocale, impartito da un membro dell'equipaggio a bordo della vettura. Di tale comando, però, non si è avuta percezione all'esterno, dove erano posizionati gli apparecchi di rilevamento.

Il tutto nel tentativo di confrontare uno spazio di frenata teorico, individuato sulla strada, mediante birilli di gomma, con quello ricavato sperimentalmente, alla guida del veicolo stesso.

Tale esperienza è meramente indicativa, per gli strumenti utilizzati e per il fatto che non si può certo rappresentare mediante un singolo veicolo ed un singolo guidatore, l'universo degli utenti della strada.

Tale argomento è ripreso nel prosieguo.

1.6 GEOMETRIA DEGLI INCROCI

Le planimetrie tav. 1 e tav. 2 che seguono, indicano per ogni nodo la lunghezza dell'attraversamento cioè la distanza L fra le opposte linee di arresto. Con questo dato siamo in grado di determinare il tempo che occorre per attraversare l'incrocio "sollecitamente con opportuna prudenza" cioè con una velocità V di 50 km/h = 13,88 m/s., ma di 40 km/h (11,12 m/s) per gli autotreni. Il tempo di attraversamento è $T = L/V$. Si ricava dai dati geometrici, per ogni prefissata velocità.

Dalla tav. n. 1 (incrocio Braschi Montevecchi) si ricavano distanze fra le opposte linee d'arresto, larghezze stradali, tempi di attraversamento.

Distanze fra linee d'arresto

via Montevecchi L Montevecchi = 30,00 m $T_{\text{autotreni}} = 30,00/11,12 = 2,70$ s

Via Braschi L Braschi = 27,00 m $T_a = 27,00/11,12 = 2,43$ s

Larghezze stradali

Sulla via Montevecchi l Montevecchi = 11,80 m

Sulla Via Braschi l Braschi = 11,00 m

Dalla tav. n. 2 (incrocio Braschi Mazzini) si ricavano distanze fra le opposte linee d'arresto, larghezze stradali, tempi di attraversamento.

Distanze

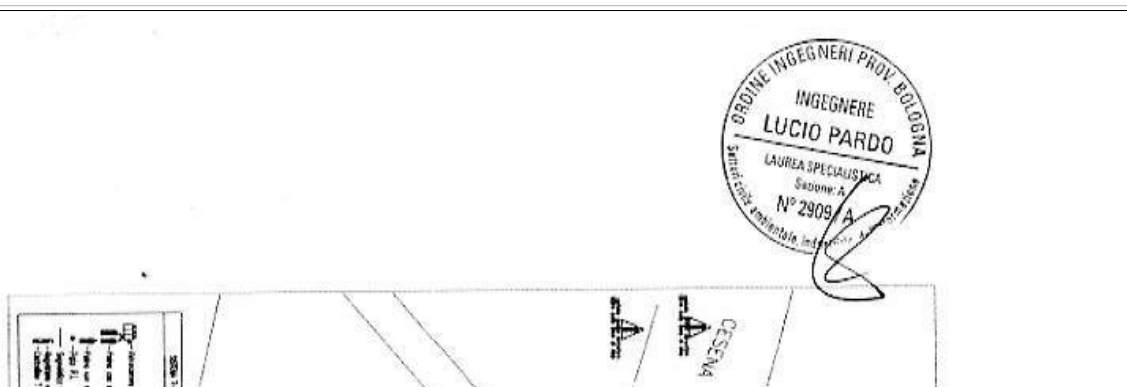
via Mazzini L Mazzini = 31,50 m $T_a = 2.83$ s.

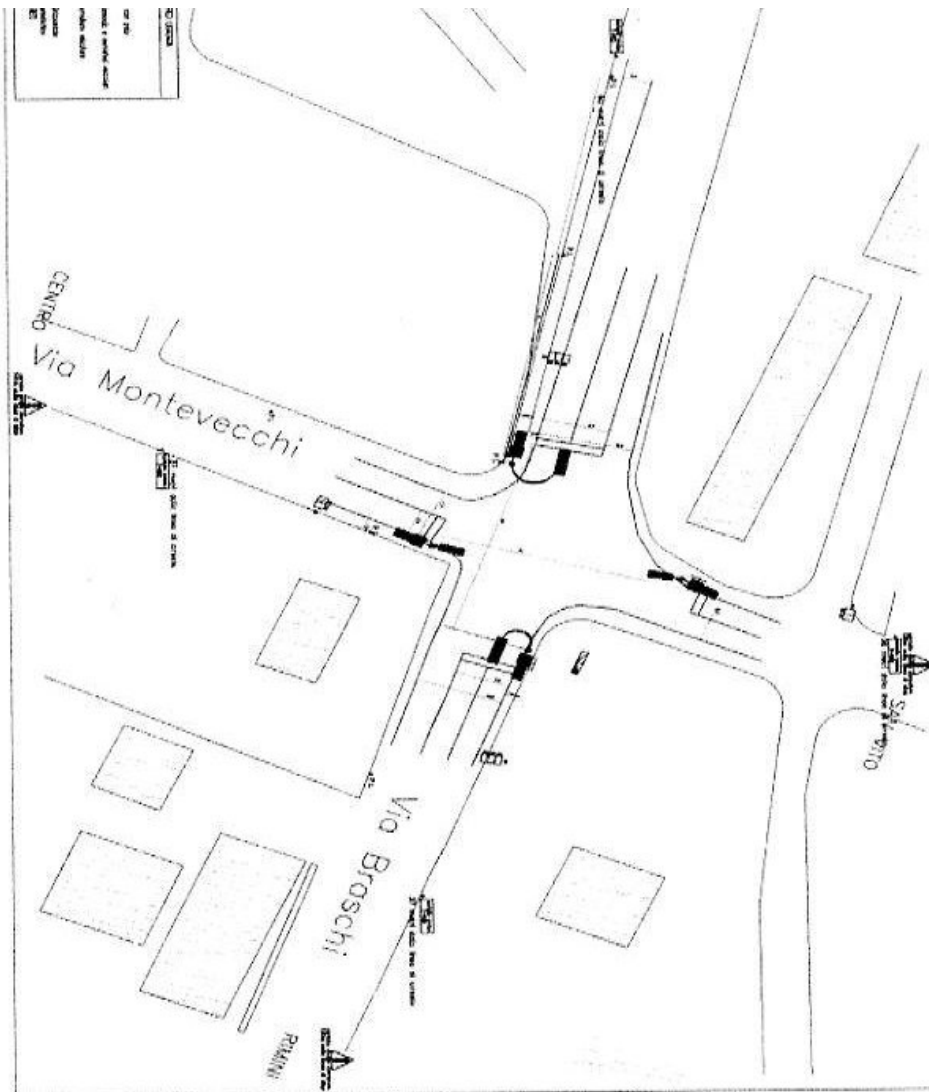
Via Braschi L Braschi = 38,00 m $T_a = 3.42$ s.

Larghezze stradali

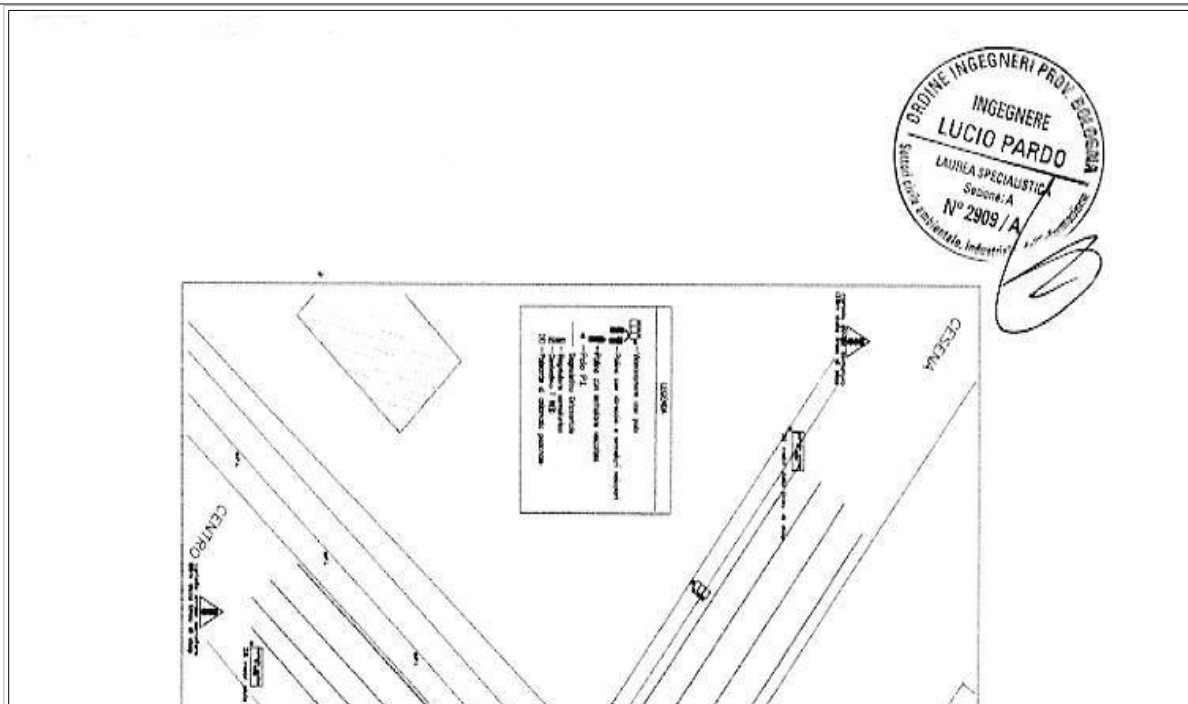
Sulla Via Montevecchi l Mazzini = 11,80 m

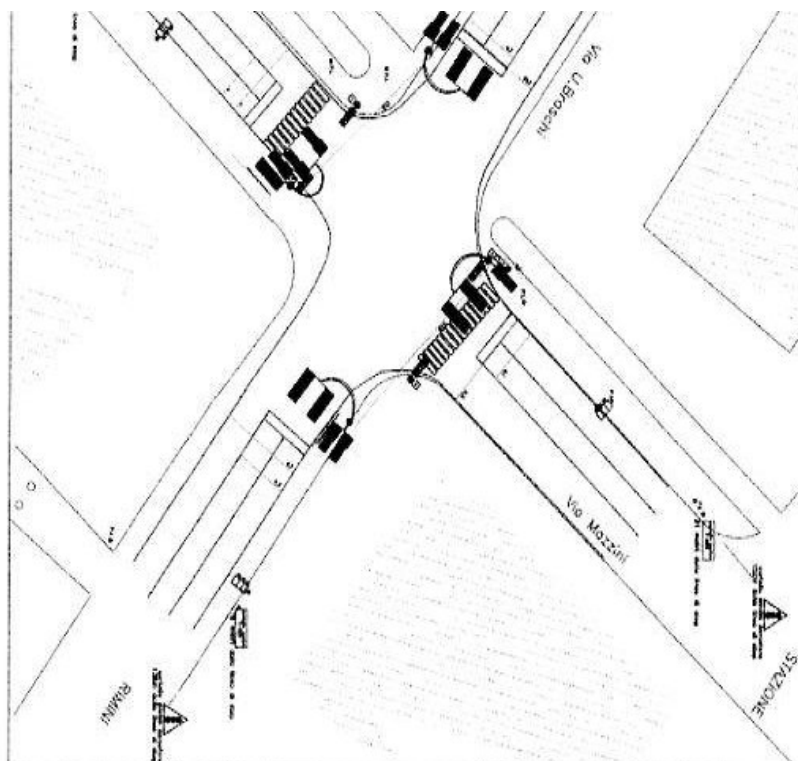
Sulla Via Braschi l Braschi = 11,00 m





Tav. 1 - Geometria dell'incrocio Braschi - Montevecchi





Tav. 2 - Geometria dell'incrocio Braschi - Mazzini.

2.- ELEMENTI TEORICI DI VALUTAZIONE

2.1. LETTERATURA TECNICA.

L'argomento della regolamentazione semaforica, delle intersezioni e della rilevazione delle infrazioni commesse in Italia è ora di grande attualità, per una serie concatenata di fattori (riduzione dei tempi di giallo agli incroci semaforizzati, rilevazione automatica delle infrazioni, scambio d'informazioni fra gli utenti in tempo reale, rilievo dato dai mezzi di comunicazione).

Non sempre l'argomento è approfondito a sufficienza, non sempre esistono aggiornate e coerenti indicazioni operative, non sempre da parte degli istituti centrali si emettono indicazioni operative aggiornate, fermandosi al livello di Bozza o di "studio Pre-Normativo".

Pertanto è opportuna una ricognizione preventiva.

Nel merito, il sottoscritto ha esaminato la letteratura scientifica ed in particolare, sia i seguenti volumi e fascicoli:

1. E. Stagni, *Tecnica ed Economia dei trasporti*, (IV Ediz.) Parte 1°, (Meccanica della Locomozione), Patron, Bologna, 1980
2. G. Praitoni, *Corso di teoria e Tecnica della Circolazione*, L., anno accademico. 2007, Dispense Distart, Bologna 2007
3. HCM -Highway Capacity Manual, Edizione 2002 e Manuale di Capacità delle strade, prima ed. italiana tradotta, ACI, Mi, 1965
4. S. Rinelli, *Intersezioni Stradali Semaforizzate*, Utet Libreria s.r.l. Torino 2000
5. *Codice della Strada, commentato: Leggi delega, Regolamento, Leggi Complementari, Giurisprudenza, Tecnica Circolazione, Tabelle e diagrammi/ Giuseppe Marcon, Lucia Marcon, Cedam ed. Padova 2003.*
6. *Bozza di norma italiana CEI 214 Sistemi semaforici. 2000*
7. *Studio pre-normativo pubblicato dal C.N.R. il 10.9.2001. Rapporto di sintesi –Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali – Ed. Ministero Infrastrutture e Trasporti.*
8. *Regolazioni semaforiche: metodologie CNR 92 ed HCM 94, a confronto: Sascia Canale – Salvatore Leonardi -Maurizio Barone –dell'Università di Catania. (Strade, ferrovie ed aeroporti).*

Sia alcune pubblicazioni on-line fra le quali in particolare:

1. **Analisi critica del fenomeno dell'aderenza in campo stradale e ferroviario- Sascia Canale – Salvatore Leonardi – Francesco Nicosia -dell'Università di Catania. (Strade, ferrovie, aeroporti) <http://www.stradelandia.it/pubdown/05.pdf>**
2. **Ministero dei Trasporti-Revisioni ed efficienza frenante-ex DM n. 23.10.96 n. 628, Testo coord. Circolari 88/95 e 112/96**
3. **A. Menegon-Linee guida per una corretta progettazione del tempo di giallo al semaforo (www.venetoonline.info)**
4. **Comune di Genova, Piano Urbano Mobilità e Trasporti , 2007.**
5. **Comune di Pisa, Rete Civica Pisana, Spazi di frenata, in base al tipo di veicolo: a) su strada asciutta, b) su strada bagnata.**
6. **Corrado Frisiero, Il tempo di giallo degli impianti semaforici, su “Professione ingegnere”, Ordine Ingegneri, (VI). Febr. 2007.**
7. **Vicenzo Di Michele “ Lo spazio di arresto” Shiny Stat on line 14.**
8. **Sicur Auto – Distanza di sicurezza.**
9. **P. Baroni.- Distanza di arresto. Google “distanza d’arresto”.**
10. **Risposta a interrogazione Parlamentare 4/05210 del 28/1/2008. Il Ministro Bianchi risponde all’interrogante Iannone.**

Da queste, il sottoscritto ne ha dedotto alcune considerazioni generali , qui di seguito riportate, e che ritiene opportuno premettere all’indagine specifica.

2.2. CRITERI DI SICUREZZA E LIVELLI DI SERVIZIO.

Nella progettazione di opere a servizio dell’uomo l’ingegneria si serve, secondo i casi, di due criteri differenti fra loro, quello della Sicurezza e quello del Livello di Servizio.

Con il primo criterio ci si pone l’obbiettivo di rendere impossibile, o meglio estremamente improbabile, l’evento negativo fatale (collasso di manufatti, collisione di veicoli etc.)

Con il secondo criterio l’obbiettivo è quello di ridurre il più possibile la probabilità dell’evento negativo (congestione della strada, saturazione dell’incrocio, esondazione del territorio.) ed insieme di utilizzare nel migliore dei modi le risorse disponibili.

In pratica una volta il manufatto progettato doveva impedire non il massimo evento negativo, ma solo un altro prescelto di gravità inferiore (la XXX° ora di punta annuale per avere la larghezza della strada sufficiente a smaltirla, la III° massima piena nell’arco di cento anni per l’altezza degli argini adatti a reggerla e così via), lo stesso concetto è espresso ora, quando si consegue un prefissato livello di servizio.

Dai due diversi principi derivano dati di progetto diversi.

- Per ottenere un dato livello di servizio si considera la condizione media dell’utente medio del veicolo medio e della strada, (cioè il flusso che in media arriva all’incrocio in un dato arco tempo).
- Per garantire la sicurezza, si cerca di evitare la condizione più sfavorevole fra tutte quelle possibili.

Per un incrocio regolato con semaforo, nel primo caso, il progettista studia il moto di un veicolo medio, in condizioni medie della strada e del traffico, e con questi dati procede nella progettazione. Posto che le velocità in gioco sono basse, l’eventuale danno dell’effetto negativo indesiderato è, nell’insieme, limitato. Si avrà una maggiore congestione ed un più basso livello di servizio dell’incrocio.

Ma nel secondo caso, il legislatore prescrive che il singolo guidatore, anche il più sfavorito e non solo il guidatore medio, può attraversare l’incrocio se, all’apparire del giallo “non può arrestarsi in condizioni di sufficiente sicurezza” ed il Ministro Bianchi, il 28/1/2008 , rispondendo in Parlamento all’interrogazione 4/05210, ricordato che esiste un minimo inderogabile di 3”, in assenza di traffico pesante, precisa che , dalla “norma di legge, non è prefissata la durata del giallo” e quindi non esiste un limite superiore al tempo di giallo.

Sicurezza e regolarità di marcia garantite quindi anche alla condizione più sfavorita, quale, nell’incrocio in oggetto, quella d’un autosnodato su strada fangosa (inizio di pioggia), oppure d’un autobus passeggeri di m. 18,00 (v. lettera 10.6.08 di Autisti ATC a “la Repubblica” Bologna)

Il progettista deve conciliare esigenze diverse e tener presente che i dati delle circolari del CNR, volti a conseguire livelli di servizio ottimali, sono indicazioni di progetto, mentre i dettati del C.d.S. , sulle norme di comportamento del guidatore (titolo V), tesi a garantire la sicurezza degli utenti, sono norme di legge, corredate da opportune sanzioni.

Non sembra allo scrivente casuale il fatto che la legge, così tassativa per chi passa col rosso, per il tempo di giallo si astenga dal definire un valore preciso e definisca invece i criteri per calcolarlo caso per caso .

2.3. INTERSEZIONI STRADALI, REGOLAZIONE SEMAFORICA, FASI.

L'intersezione stradale può essere libera, quando le correnti di traffico che s'intersecano non sono rilevanti. Quando una corrente presenta flussi rilevanti occorre sovrapporre una regolamentazione semaforica ai conflitti di percorso. Con un insieme di luci, verdi per una direzione e rosse per quella che la intersecherebbe, si può lasciare libero l'incrocio prima per l'una e poi per l'altra corrente di traffico.

La corrente di traffico, non può passare dal verde al rosso all'istante. La corrente in movimento non si blocca di colpo avanti la linea d'arresto né l'incrocio si sgombera subito dai veicoli che lo impegnano. .

Occorre un colore intermedio (il giallo), che appaia dopo il verde, per consentire l'arresto tempestivo dei veicoli che si approssimano all'intersezione e, nello stesso tempo, lo sgombero dei veicoli in moto, nella zona di incrocio. Altrimenti, i veicoli della corrente antagonista, partendo, verrebbero ad interferire con quelli ancora in moto, nella zona di manovra. Il giallo è quindi l'elemento della segnalazione che permette il passaggio da una corrente di traffico a quella antagonista (ortogonale o altro).

La durata del tempo intermedio (giallo o rosso) deve soddisfare due diverse esigenze: l'arresto tempestivo della corrente in avvicinamento e lo sgombero della "coda" della corrente che ha attraversato.

Nella pratica, il tempo di giallo non ha un ruolo autonomo nel ciclo, ma è la "coda" della fase verde che precede, ed è correlata alla fase rossa della corrente antagonista, che non deve confliggere.

Il C.d.S. stabilisce che, durante il tempo di giallo, i veicoli non possono oltrepassare gli stessi punti stabiliti per l'arresto, di cui al comma 11, a meno che vi si trovino così prossimi, al momento dell'accensione della luce gialla, che non possano più arrestarsi in condizioni di sufficiente sicurezza; in tal caso essi devono sgombrare sollecitamente l'area di intersezione, con opportuna prudenza".

È chiaro quindi che la distanza d'arresto allo scattare del giallo deve essere maggiore di un prefissato valore di soglia

La prescrizione di sgombrare l'incrocio sollecitamente, e con opportuna prudenza è un esplicito invito a sgombrare il più presto possibile, ma facendo innanzitutto attenzione a non collidere ed a non superare la massima velocità consentita (50 km/h), ovviamente per gli autotreni ed autoarticolati una velocità prudente non supera i 40 km/h .

Dal C.d.S. si evince chiaramente che la distanza che va dalla posizione occupata dal veicolo all'apparire del giallo fino alla linea d'arresto, deve potere essere percorsa durante il tempo di giallo.

Per i veicoli che al momento dell'accensione della luce gialla hanno già passato il traguardo (ideale) che definisce il limite ultimo per la frenatura e non possono arrestarsi, per mancanza di spazio sufficiente, prima della linea d'arresto, si pone la necessità di proseguire e di attraversare l'incrocio, con sufficiente sicurezza.

Questa condizione Il C.d.S. la indica, senza ulteriori dettagli.

È pertanto necessario soffermare la propria attenzione sulle diverse situazioni ipotizzabili in sede di progetto che deve sempre precedere l'installazione di un impianto semaforizzato.

La progettazione compete all'ente gestore della strada, che può essere proprietario oppure concessionario, il quale stabilisce come assegnare i tempi di transito alle diverse correnti di traffico. (v. Schema 1, Fasi Semaforiche per il guidatore, in allegato)

2.4. NORMATIVA E INDICAZIONI DI PROGETTO

Il **DM 19.04.2006** "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" non fa cenno a criteri per la regolazione delle intersezioni semaforizzate con annesso tempo di giallo. Il rapporto di Sintesi dello "Studio Pre-normativo", (B.U./C.N.R. 10.9.2001), con una proposta metodologica elaborata su una precedente proposta delle Norme CNR '92 al posto del giallo definisce il "tempo di sicurezza **ts**".

Questo è il tempo "che deve essere assicurato fra la fine del verde di un segnale e l'inizio del verde del segnale di una corrente antagonista".

Il tempo **ts** contiene quello di giallo; è la somma algebrica di tre tempi.

$$ts = tu + te - ti \text{ ove:}$$

tu = tempo di uscita, dall'accesso all'intersezione per quei veicoli che non riescono a fermarsi prima della linea d'arresto. Assomma il tempo di reazione t_r e quello di frenata S_f / v_v . Si ha quindi: $t_u = t_r + S_f / v_v$

te = tempo di sgombero, permette al veicolo in uscita di superare il punto di conflitto, mentre nessun nuovo veicolo entra nell'incrocio, salvo chi ha già passato la linea di arresto. Chiamando D la larghezza dell'incrocio e d la lunghezza del veicolo si ha $te = D / v_v + d / v_v$

Questo tempo, per la corrente antagonista, è rosso.

Per il veicolo che procede è un tempo di sgombero, quindi, ai sensi dell'art. 41 10 è sempre un tempo di giallo.

ti = tempo di ingresso, è quello impiegato dal veicolo della corrente antagonista per percorrere la distanza fra la linea di arresto ed il "punto di conflitto" con la corrente precedente. Si sottrae agli altri due. È come una disponibilità di tempo aggiuntiva. Tuttavia la sua valutazione suscita perplessità (C. Frisiero, A. Menegon e altri) poiché questa indicazione è una novità, proposta invece del tempo di giallo, (che nelle precedenti norme era fissata in un tempo fisso di 4") , perché non è precisa, posto che i veicoli non sono puntiformi ed il cosiddetto punto di conflitto è più un' indefinita area di conflitto, perché non è opportuno regolare il traffico senza intervallo di sicurezza fra due correnti antagoniste.

Ma le perplessità maggiori riguardano le indicazioni secche, non corredate da alcun calcolo di supporto né da alcuna considerazione scientifica, e quindi non si sa come raccordabili alla metodologia di cui sopra, e precisamente la proposta di tempi di giallo di:

- 3 secondi per incroci con autoveicoli in ingresso a 50 km/h,
- 4 secondi per incroci con autoveicoli in ingresso a 60 km/h, oppure con traffico pesante in ingresso a 50 km/h,
- 5 secondi per incroci con veicoli in ingresso a 70 km/h) .

Tali tempi si raggiungono solo con decelerazioni assai elevate (v. tab. 3) Invece il B. U. del CNR 15.12.1992, n. 150, "Norme sull'arredo funzionale delle strade urbane", suggerisce (cfr Rinelli, pag. 91) per tutte le fasi e per tutte le intersezioni un tempo di giallo **tg** costante pari a:

$$tg = 4 \text{ sec. per strade urbane, e}$$

$$tg = 5 \text{ sec. per strade extra urbane, con velocità più elevate.}$$

Si deve però ricordare che "qualora l'intersezione sia piuttosto ampia, (larghezza dell'attraversamento $L \approx 12 \text{ m.}$) i tempi di giallo predetti, pur commisurati alla distanza di arresto, non sarebbero di durata tale da consentire ai veicoli, impossibilitati ad arrestarsi, di passare in condizioni di sicurezza".

Allora occorre aggiungere in aumento del giallo, il tempo intermedio. Come larghezza dell'incrocio, si può considerare la massima distanza, interessata dalle diverse manovre. È la distanza fra due opposte linee d'arresto nei due sensi di marcia di una stessa strada (via Braschi, 27 m)

Sulla base di quanto sopra, per l'incrocio n. 1 (pag. 11) applicando le Norme CNR 1992:

- Il suggerimento di tempo di giallo di 4 sec. (da ritenere il minimo)

- Il suggerimento di un intertempo “in aumento al giallo”, posto che l’incrocio ha una larghezza dell’attraversamento $L = 12$ m. L’attraversamento dell’incrocio alla velocità massima di 13,89 m/s richiede un tempo di $27,00/13,89 = 1,94$ s. Questo è il valore minimo del tempo, quando l’attraversamento è effettuato con la velocità massima ammessa di 50 km/h. Sommando i due si ha 5,94 s. Ma se si vuol tenere conto del traffico pesante l’attraversamento avverrà a 40 km/h, con un tempo di $27,00/11,12 = 2,43$ s.

Sommando i due tempi si ha 6,43 s.

Come si vede anche con le Norme CNR 1992 la fase di progetto del tempo di giallo porge un valore di 6,5”

Le indicazioni di progetto assumono anche interesse pratico da quando attribuire un tempo ad una corrente piuttosto che ad un’altra è sanzionato con l’irrogazione di sanzioni, come esposto nello schema 1 che segue.

5. FUNZIONE DEL TEMPO DI GIALLO

Il periodo di accensione della luce gialla, deve permettere ai veicoli di

1. non oltrepassare la striscia d’arresto (o le strisce pedonali o il segnale) arrestandosi in condizioni di sufficiente sicurezza, o
2. Impegnare l’incrocio se, al momento dell’accensione della luce gialla, vi si trovano così prossimi, da non potersi più arrestare in condizioni di sufficiente sicurezza.

Solo il primo caso si esaurisce nel tempo di giallo.

Il secondo si può prolungare in un tempo già rosso per la corrente del veicolo in oggetto ed ancora rosso per la corrente antagonista. In questo tempo l’incrocio è “tutto rosso”. Il caso 1, del punto precedente dalla prospettiva del guidatore, si articola nella successione dei diversi tempi di: avvistamento del semaforo, di decisione, di frenatura.

SCHEMA. 1 . FASI SEMAFORICHE PER IL GUIDATORE IN DIREZIONE A F

	TEMPI DELLE FASI SEMAFORICHE	ASSEGNAZIONE
	NORMATO DAL C.d.S. NON NORMATO AL C.d.S.	
A	TEMPO DI VERDE tv Mi serve per procedere Nel mio senso di marcia	E' MIO art. 41 /9
B	VERDE LAMPEGGIANTE O NUMERATORE COUNT DOWN Mi preavvisa la fine del verde senza alterare le fasi semaforiche.	E' MIO

C	<p>TEMPO DI GIALLO t_g</p> <p>Mi serve per:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arrestarmi prima della linea di arresto, se dispongo di un sufficiente spazio di frenatura e di arresto. • Proseguire e sgomberare l'incrocio se non c'è più lo spazio minimo di arresto 	<p>E' MIO</p> <p>art. 41/10</p> <p>Nessuna sanzione</p> <p>art. 41/10</p> <p>Nessuna sanzione</p>
D	<p>TEMPO DI TUTTO ROSSO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Innovazione <u>al CdS</u> introdotta da CNR '92 • Sostituisce, il mio t_g, rimasto come franchigia 4" • Altera le fasi semaforiche. • mi serve per sgomberare l'incrocio, sanzionandomi 	<p>E' MIO</p> <p>Non previsto dal CdS</p> <p>Sanzionato con photored (art. 146)</p>
E	<p>TEMPO DI ROSSO t_r</p> <ul style="list-style-type: none"> • Serve al guidatore opposto, per attraversare l'incrocio. • E' sanzionato dall'art. 146 	<p>E' DELL'ALTRO: (corrente opposta)</p> <p>art. 41/11, art. 146</p>
F		

La fase A C (VERDE) determina la mia disponibilità dell'incrocio.

In altri paesi (Austria, Slovenia.....) la coda del verde (B C) è lampeggiante oppure conteggiata con un numeratore e costituisce praticamente mio tempo di giallo, quando questo è ritenuto insufficiente.

La fase C D (GIALLO) mantiene la mia disponibilità (con preavviso d'interruzione di questa) sia dello spazio di arresto sia dell'incrocio quando devo arrestarmi prima e quando devo attraversare e liberare l'incrocio

La fase E F (ROSSO) costituisce il mio tempo di rosso. Corrisponde al tempo di verde della corrente opposta. Il suo utilizzo, da parte della sottrazione indebita, pericolosa e giustamente sanzionata, del tempo di verde che l'Ente Proprietario della strada assegna alla corrente avv

La fase D E (TUTTO ROSSO) è un margine di sicurezza (suggerito nel 1992 dal CNR) per facilitare lo sgombero dell'incrocio. È molto diver:

EF (che corrisponde al tempo di verde della corrente opposta), ma la sua violazione è sanzionata come se creasse lo stesso pericolo precedente.

2.6. TEMPO DI REAZIONE, TEMPO DI FRENATURA E DI ARRESTO.

Tempo e Spazio di percezione e decisione.

Occorre valutare il tempo necessario al guidatore di un veicolo, che procede sulla strada ad una velocità massima consentita, per poter decidere di arrestarsi ed arrestare il veicolo prima dell'incrocio.

Tra l'avvistamento del segnale e l'attivazione dei comandi su impulso del conducente, intercorre un tempo durante il quale il veicolo percorre un certo spazio. Per tale intervallo di tempo in letteratura ci sono diverse definizioni, con uguale significato concettuale e valore numerico, che però accentuano, diversamente, i vari aspetti del fenomeno.

La definizione di Tempo Psico-Tecnico, sottolinea che parte di questo dipende dalle reazioni psichiche del guidatore e parte dall'inerzia e dai giochi al contatto degli organi meccanici del veicolo, (negli autotreni fino a 0,3 sec.), quella di Tempo di Percezione, Intelligenza, Emotività Volontà (P.I.E.V.) distingue fra le diverse componenti psichiche della decisione (v. Praitoni, P.I.E.V. da 1 a 2 s.), quella di Tempo di Percezione –Decisione indica inizio e fine del percorso psichico, quella di Tempo di Reazione solo la fine. Tutte indicano da un min. di 1 s. a un max. di 2 s. In questa sede interessa molto rispondere al quesito 3, comma 2, posto al CTU, richiamando l'attenzione su di una componente temporale, non ancora considerata isolatamente e cioè sul Tempo di scelta.

Si tratta di un caso particolare che si presenta davanti ai semafori. All'apparire del giallo il guidatore deve valutare, lui, se la distanza che lo separa dalla linea di arresto è tale da permettergli di arrestarsi in condizioni di sufficiente sicurezza.

Se un guidatore si imponesse di frenare, comunque senza esitazione, si avrebbe un tempo ridotto di decisione. Ma invece c'è un'incertezza umana di valutazione, se riuscire a fermare il veicolo prima della linea d'arresto. E si possono aggiungere, davanti al semaforo, dei fattori di disturbo, legati alle condizioni della strada e del traffico, non controllati da alcuna apparecchiatura automatica, quando mancano i vigili.

Ciò posto, tenendo conto anche del tempo di scelta, il tempo di reazione complessivo è di 2 sec.

Pertanto il veicolo con velocità $V_0 = 50 \text{ km/h} = 13,88 \text{ m/s}$. (V massima) percorre, durante il tempo di reazione da 13,88 m a 27,76 m.

A questo va aggiunto il tempo t_f , necessario per percorrere lo spazio di frenatura con moto uniformemente decelerato, da 50 km/h. (13,88 m/s) fino a zero. Il veicolo che procede sulla strada con moto rettilineo uniforme, $V = S/T$ deve potersi arrestare prima dell'incrocio.

Con le formule della cinematica si ha

$$S = \frac{1}{2} a t^2 + V_0 t \quad (1)$$

$$V = a \cdot t + V_0 \quad (2)$$

A vettura ferma, $V = 0$. Con $V = 0$ la (2) diventa

$$a \cdot t = -V_0 \text{ e sostituendo nella formula (1)}$$

$$S = \frac{1}{2} (-V_0) \cdot t + V_0 t \quad S = \frac{1}{2} V_0 t \quad (3)$$

$$\text{da cui, con } t = -V_0 / a \text{ diventa } S = -V_0^2 / 2 a \quad (4).$$

Dalla (3) ricava anche la $t = 2S / V_0$. (5)

Con le (4) e (5). si ricavano i valori degli spazi e dei tempi di frenatura del veicolo considerato con massa puntiforme e senza approfondire le possibili diverse condizioni di aderenza e attrito.

Si considerano decelerazioni variabili da 8 m/s^2 a 2 m/s^2 .

I valori dei tempi di frenatura sono riportati nella seconda riga della tabella n. 3 che segue. Aggiungendo i tempi di PIEV, minimi, medi e massimi, valutati in 1 – 1,5 – 2 sec si ottengono i tempi totali di arresto .

TAB. 3- SPAZI E TEMPI DI FRENATURA DI AUTOVEICOLI CON $V=13,88 \text{ m/s}$

(moto uniformemente decelerato, massa puntiforme)

	8 m/s^2	6 m/s^2	5 m/s^2	4 m/s^2	3 m/s^2	2 m/s^2
Spazio di frenatura S_f in m.(v. 3)	12,04	16,05	19,27	24,08	32,11	48,16
Tempo di frenatura t_f in sec. (v. 4)	1,74	2,31	2,78	3,46	4,63	6,93
Tempo di arresto t_a Min, con $t_{pd} = 1$ sec.	2,74	3,31	3,78	4,46	5,63	7,93
con $t_{pd} = 1,5$ sec.	3,24	3,81	4,28	4,96	6,13	8,43
Max, con $t_{pd} = 2$ sec.	3,74	4,31	4,78	5,46	6,63	8,93

La decelerazione si suppone costante, durante la frenata. Ai diversi valori di decelerazione, corrispondono diversi valori di spazi e tempi.

Va rilevato che in questo contesto, spazi e tempi hanno senso solo se si stabiliscono preliminarmente i valori delle decelerazioni.

I valori esposti in tabella vanno dalla frenata morbida con una decelerazione di 2 m/s^2 a quella brusca cd "inchiodata".

A ciascuno di questi valori si associano situazioni descritte in appresso,. (cfr A. Menegon su Giornale Veneto – www.venetoonline.info)..

1. L'accelerazione e decelerazione di 2 m/s^2 è il dato di progetto per rampe d'accesso ed uscita dall' autostrada, Il valore minimo di 2 m/s^2 si usa per arrestare con sicurezza il veicolo. Con la (4) e la (5) si ha che per azzerare la velocità di $120 \text{ km/h.} = 33,33 \text{ m/s}$ occorrono uno spazio di $277,78 \text{ m.}$ ed un tempo di $16,67 \text{ s.}$

Con tali valori di progetto si proteggono la marcia sulle rampe, da possibili gravi incidenti e la pavimentazione bituminosa da dannosi sforzi tangenziali dovuti a brusche frenate.

2. Il valore di $2,5 \text{ m/s}^2$ è quello medio riferito all'autovettura ante 1989 revisionata e collaudata, con modesta efficienza frenante come esposto nel seguito.
3. I valori superiori a 3 m/s^2 , sono riferiti a veicoli più moderni, come quello utilizzato per l'esperienza in S. Arcangelo.
4. I valori più elevati di tabella sono quelli riferiti alle autovetture corredate di sistemi antislittamento (ABS).

Comunque la decelerazione di frenatura dipende dagli sforzi frenanti trasmessi dai freni alle ruote e da quelli trasmessi dalle ruote al terreno. Esaminiamo separatamente le due componenti in serie del sistema, il contatto ferodo-tamburo fissato alla ruota, il contatto pneumatico manto stradale.

0. 2.7. DECELERAZIONE, EFFICIENZA FRENANTE, ADERENZA

L'effetto frenante si basa sul contatto fra una superficie ferma ed un'altra in movimento, ove la prima trasmette una sforzo all'altra.

Nel freno, l'elemento mobile con il ferodo, preme sul tamburo fissato alla ruota che altrimenti continuerebbe liberamente a girare.

Sulla strada, la ruota, costretta a girare meno velocemente di quanto compete al suo moto di traslazione, trasmette al terreno, ed il terreno reagisce trasmettendo alla ruota, uno sforzo in senso opposto al moto.

Gli ingegneri schematizzano il fenomeno con la "sovrapposizione degli effetti"dicendo che "tutto va come se", sul moto rettilineo uniforme, per inerzia in avanti, si sovrappone il moto contrario all'indietro, causato dalla coppia di forze frenanti in senso contrario a quello motore.

Il massimo effetto frenante su di una data autovettura si ha quando

- non slittano i ferodi dei freni sui tamburi fissati alle ruote ,
- non slittano le ruote sul terreno.

Lo sforzo ruota – terreno, in regime di aderenza, noto e studiato (Istituti di Ricerca, case produttrici di pneumatici, fabbriche di automobili, Automobil Club) ed a livello scientifico, è più conosciuto che normato .

Altra cosa è l'efficienza frenante.

Tale parametro nominalmente definito e normato in sede comunitaria, ha valore di riferimento in sede di omologazione e revisione dei veicoli e stabilisce che valori minimi di forza frenante deve presentare un dato veicolo per poter circolare sulle strade.

Tale valore è determinato su banchi di prova, normati ed omologati, secondo protocolli comunitari richiamati nella nota: *Ministero dei Trasporti-Revisioni ed efficienza frenante-ex DM n. 23.10.96 n. 628, Testo coord. Circolari 88/95, 112/96, e Lettere Circolari successive che recita:*

“chiamasi efficienza frenante il rapporto tra la massima forza frenante (F) che un veicolo riesce a sviluppare sulle quattro ruote, ed il peso (P) del veicolo a vuoto aumentato di 75 kg per ipotetico guidatore”.

L'efficienza frenante è un numero puro così come lo è il coefficiente di aderenza, si tratta però di parametri diversi.

Nel caso delle autovetture, sono omologate e superano la revisione quelle che presentano una efficienza frenante almeno pari a 0.45 se omologate fino al 1989 e 0.5 se omologate dopo il 1989.

Per una vettura con peso a vuoto di 925 kg, (omologata fino a 1300 kg) immatricolata prima del 1989 la forza frenante è 450 kg e valgono le due relazioni: $F = m \cdot a = 450 \text{ kg}$ $P = m \cdot g = 1300 \text{ kg}$ ove è a = decelerazione in frenata, g = accelerazione di gravità. Dividendo membro a membro si ha : $a = 450/1.300 \cdot 9,81 = 3,39 \text{ m/s}^2$

Pertanto, $a = 3,39 \text{ m/s}^2$ è la decelerazione max applicabile per quella vettura. Tale valore di prova però è “al limite dello slittamento“. Con coeff. di sicurezza di 1.5 la decelerazione è $3,39 / 1,5 = 2.29 \text{ m/s}^2$.

Per $V = 50 \text{ km/h}$ il tempo di frenatura è $T_f = V/a = 13.9/2.29 = 6.06 \text{ sec}$

A tale tempo deve essere sommato il tempo psicotecnico, che per tale veicolo si assume di 2“. Il tempo di giallo risulta allora $T_g = 8,06 \text{ sec}$.

(Si ricorda che, per progettare corsie di accelerazione e decelerazione in autostrada, il valore di accelerazione indicato è di 2 m/s^2 e con tale valore di a sarebbe dalla tab. 3, $T_f = 6,93$ e $T_g = 8,93$)=

Pertanto lo spazio temporale di arresto nelle condizioni citate risulta compreso tra 8 e 9.00 sec

Sono “tempi di giallo” superiori a quelli correnti sulla strada. Ne consegue che il veicolo di cui al punto 2, pur regolarmente revisionato e guidato da persona munita di patente B, non opera in condizioni di sicurezza.

Questa semplice esposizione in cifre chiarifica la diversità dei risultati a seconda dei diversi criteri: da un lato il conseguimento del livello di servizio ottimale dell'incrocio, (che si ha riducendo al minimo il tempo di giallo cioè l'interruzione del flusso di traffico che lo attraversa, in specie durante le ore di punta), e dall'altro la considerazione della sicurezza e regolarità di marcia di tutti i veicoli, senza trascurare le fasce più deboli, nei mezzi o nelle persone.

E' evidente che il progettista deve tenere conto di entrambe le esigenze, e che il risultato è di compromesso.

Le strade per Rimini e per Cesena sono percorse anche da mezzi pesanti. Per questi è ipotizzabile una decelerazione max. di 4 m/sec^2 .

I guidatori di questi mezzi, muniti di patenti speciali, hanno dei riflessi superiori alla media (compresi entro il primo 40% di popolazione, c.d. 4° decile). Per cui il tempo di P.I.E.V. e di trasmissione meccanica è 1,5 s.

Con questi dati, si ha dalla tab. 3 un valore minimo del tempo totale di arresto, nella misura di $t_g = 4,46 \text{ s}$. ed un tempo medio di $t_g = 4,96 \text{ s}$.

Questo è anche, per quel veicolo, il valore del tempo minimo di giallo all'incrocio se questo si trova ad una distanza pari o maggiore a quella di arresto. Questa distanza è data dallo spazio di reazione sommato a quello di frenatura. Lo spazio percorso a 50 km/h (13,88 m/s.) durante il tempo di reazione (P.I.E.V.) è $1,5 \times 13,88 = 20,82$ m. Lo spazio di frenatura esposto in tab. 3 per una decelerazione di 4 m/s è di 24 m., La somma dei due termini è lo spazio di arresto di 44,82 m.= circa 45,00 m.

Ma se alla fine del verde il guidatore di un autotreno lungo 16,6 m. è a distanza di meno di 45,00 da un semaforo con un tempo di giallo di 4 s. Se procede a 50 km/h la sua situazione sarà la seguente.

ATTRAVERSAMENTO DELL'INCROCIO : POSIZIONI DELL'AUTOTRENO

Inizio del giallo disponibili T = 4,00 s distanza D = 45 m. Dopo TPIEV disponibili 2,50 s distanza 25,00.

Dopo T percorso Frenata disponibili 0,77 s distanza 0,00

T tutto oltre linea d'arresto 1,196 = -0,426 s sull'arresto -16,60 m

T tutto oltre l'incrocio 1,945 = -2,375 s sull'arresto - 43,60 m

SCHEMA. 2 . TEMPO DISPONIBILE ALL'AUTOTRENO IN ATTRAVERSAMENTO

T Giallo	T = Tempo	t Utilizzato =	D = Distanza	d = percorsa
Start	4,00 s.		45,00 m.	
T reazione		1,5 s.		20,00 m.
Restano	2,50 s.		25,00 m.	
All'arresto		1,80 s.		25,00 m.
Restano	0,70 s.		0,00 m.	
Oltre il traguardo		1,196 s.		16,6 m.
Restano	- 0,43 s.		- 16,6 m.	

Oltre l'incrocio		1,945 s.		27, 00 m.
Restano	- 2, 375 s.		- 43, 6 m.	

In sostanza all'autotreno che attraversa l'incrocio regolamentato a 4" di giallo, mancano 2,37 se procede a 50 km/h. Ne mancano invece 8 " , se procede con prudenza a velocità 40 km/h, oltrepassando l'incrocio.

Il quesito n. 3 richiede di considerare anche la natura del fondo stradale e le condizioni atmosferiche circostanti. Tutti questi fattori si traducono, sul piano tecnico, nell'analisi del rapporto pneumatico – manto stradale, definito in letteratura come : aderenza.

Lo spazio di frenatura è lo spazio percorso dal veicolo dal momento in cui inizia la frenatura al momento del suo arresto.

Esso dipende dalla

- velocità iniziale e
- dalla decelerazione applicata

Nella tab. 3 sono ricavati i valori relativi a diverse decelerazioni.

Occorre analizzare ora come queste dipendano dalle condizioni della strada e del coefficiente di aderenza.

2.8. ADERENZA, ATTRITO RADENTE, ATTRITO VOLVENTE.

Il moto degli autoveicoli è collegato al fenomeno dell'aderenza strada pneumatico, sia in fase di accelerazione, sia in fase di regime, sia in fase di frenatura. Detto fenomeno è stato dettagliatamente analizzato da E. Stagni (op. cit. N. 1). Per analizzare l'aderenza si considera l'”**Area di Impronta**”, cioè di contatto, fra battistrada e manto stradale. Si va da una zona di “entrata” in contatto ad una zona di “uscita” dal contatto. Quando il veicolo avanza, avanza anche l'area di impronta. La “zona di entrata” si sposta in avanti, il baricentro del carico si sposta in avanti, e nella area di impronta si notano due sottozone che si comportano in maniera distinta. Nella zona anteriore si ha contatto fra battistrada e strada (**zona dell'aderenza**), con deformazioni del pneumatico e carico verticale crescente fino al baricentro dell'area di impronta, dove la deformazione del battistrada è massima. Proseguendo verso la zona posteriore, verso l'”uscita” dal contatto la deformazione ed il carico sul terreno diminuiscono finché il pneumatico non è più a contatto con la strada. Nell'ultima parte dell'area di impronta si ha sfregamento (**zona dell'attrito radente**). La prima area, aderente, dove il peso mantiene ben unite le superfici a contatto, trasmette uno sforzo tangenziale significativo che permette alla ruota di girare e non slittare.

In dettaglio consideriamo una particella estremamente piccola del pneumatico, un'areola che si appoggia su di un'impronta ugualmente piccola della sede stradale, un'”area elementare” di impronta”.

La superficie ruvida del battistrada combacia con la superficie ruvida della strada. In piccolo è come se ci fosse una parte di ruota dentata (il pneumatico) che si “ingrana” su di una cremagliera dentata (la strada).

Il contatto di queste superfici schematizzate come “dentate”, che si deformano elasticamente permette la trasmissione del moto che si trasforma da moto rotatorio delle ruote in moto traslatorio rettilineo orizzontale del veicolo, grazie alla deformazione elastica delle superfici di contatto (verticale per reagire al carico e sostenerlo, tangenziale per trasformare il moto da rotatorio in traslatorio).

I “denti” infatti non sono rigidi, ma flessibili (gomma e conglomerato bituminoso) e trasmettono al terreno uno sforzo tangenziale tanto maggiore quanto maggiore e la pressione sul terreno. Quando la pressione di contatto decresce perché l'area elementare sta per uscire dal contatto e invece la spinta tangenziale non si attenua, i “denti” si inflettono, ma non combaciano più, le superfici sfuggono al contatto, non “ingranano “ più e si ha la “**rottura**” dell'aderenza, verificata in via sperimentale.

Al momento dell'accensione del motore, si trasmette un moto rotatorio alle ruote motrici. Queste spingono sul terreno tangenzialmente. La ruota si deforma finché la deformazione elastica della ruota provoca sul veicolo una spinta uguale e

contraria che fa traslare in avanti.

Con questa spinta il veicolo si mette in moto. La maggior parte del lavoro è utilizzato per trasformare il moto da rotatorio delle ruote motrici a traslatorio del veicolo, però una quota parte dell'energia spesa si dissipa in attrito. Per questo il coefficiente di aderenza risulta $f_a < 1$.

In formule si ha:

$$T = f_a \cdot P \quad (6)$$

Dove T= sforzo tangenziale

P = peso gravante sulla ruota

f_a = coefficiente di aderenza

Finché lo sforzo trasmesso nel contatto (ruota strada) rimane al di sotto di un certo limite l'aderenza si mantiene. Superando tale valore limite, l'area di impronta che combacia, decresce fino a sparire, il contatto avviene per strisciamento fra le due superfici. Lo sforzo trasmesso al contatto "ruota – strada" risulta molto inferiore. La ruota slitta.

Sia in fase di avviamento che in fase di frenatura, quando si inverte la spinta sul veicolo, si cerca di evitare che si verifichi questo fenomeno.

Ci sono dispositivi speciali antislittamento, ABS (Assisted Bracking System) che correggono lo sforzo "ruota – strada" entro i valori che evitano la rottura dell'aderenza ed il passaggio ad "attrito radente".

Per effetto della frenatura, si sovraccarica l'asse anteriore e si scarica quello posteriore, l'autovettura si abbassa davanti e si innalza di dietro (addirittura se è un moto veicolo può capottare).

Se si mantiene la stessa ripartizione dello stesso sforzo frenante: nell'asse posteriore, si rischia la "rottura dell'aderenza"

Nell'asse anteriore, non si utilizza tutto lo sforzo frenante disponibile.

Il sistema ABS riequilibra la distribuzione degli sforzi frenanti. Tale riequilibrio in molti casi è effettuato in maniera discontinua, come se il sistema desse dei "colpi di freno", alternati ad una frenatura più dolce.

Un altro fenomeno di rottura dell'aderenza si ha, quando una pioggia improvvisa deposita uno strato di granelli di polvere sulla strada, che così diventa fangosa.

In piccolo, è come se sul manto rugoso della strada fossero depositato dei piccolissimi cuscinetti a sfera. In tal caso non si ha più aderenza né attrito radente. Si ha l'attrito più basso possibile, quello volvente ove i granelli di polvere si mettono a rotolare come tante palline.

Nella seguente tabella 4 si considerano diverse condizioni di aderenza, alle quali corrispondono diversi valori di spazi e tempi di frenatura e di arresto, nei diversi tipi di strada, analizzati in tabella 5), secondo dati di esperienze non sempre sovrapponibili ad altre perché effettuate a velocità diverse e l'aderenza scende con l'aumento della velocità. La aderenza laterale si abbassa più velocemente di quello Longitudinale e pertanto è per questo che se, l'aderenza si rompe durante la marcia, si rompe prima trasversalmente, con sbandamento laterale.

2.9. SPAZI E TEMPI DI ARRESTO TENENDO CONTO DELL'ADERENZA

Lo spazio di frenatura è (4) $S_f = - V_0^2 / 2 a$

La spinta che mette in moto il veicolo è (6) $T = f_a \cdot P = f_a \cdot m \cdot g$

Ed è legata alla accelerazione dalla legge $F = m \cdot a$

Cioè $T = m \cdot a$ da cui $a = T/m = f_a \cdot m \cdot g/m$

cioè $a = f_a \cdot g$ (7)

da cui

$$S_f = - V_0^2 / 2 a = - V_0^2 / 2 g f_a \quad (8)$$

In questa formula V_0 in m/sec. è la velocità all'inizio della frenatura

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$, ' è l'accelerazione di gravità (ed a è anche la decelerazione di frenatura)

S_f in metri è lo spazio di frenatura calcolato con la (8) arrotondando i decimali all'unità superiore. Si ha dalla letteratura:

TAB. 4 – Valori dei coefficienti di aderenza sperimentali

f_a . per tipo di strada.

Tipo di Strada	Asciutta	Asfaltata ruvida	Asfaltata liscia	Asfaltata bagnata	Asfaltata fangosa	ghiacciata
Coeff. f_a .	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,1

S_f in m, è lo spazio di frenatura calcolato con la (8) arrotondando i decimali all'unità superiore, e ponendo $V_0 = 50 \text{ km/h} = 13,88 \text{ m/s}$

$S_r = V_0 \cdot t$ (in m.) è lo spazio di reazione

$S_t = S_f + S_r$ è lo spazio totale di arresto

$t = 2S / V_0$ il tempo di frenatura con la formula (5).

TAB. 5 Spazi e tempi di frenatura e di arresto, per tipo di strada (con $V = 50 \text{ km/h} = 13,88 \text{ m/sec}$).

	1	2	3	4	5	6
f	$f_1 = 0,8$	$f_2 = 0,6$	$f_3 = 0,5$	$f_4 = 0,4$	$f_5 = 0,3$	$f_6 = 0,1$
V	50	50	50	50	50	50
S_r (m)	14	14	14	14	14	14
S_f (m)	13	17	20	25	33	100
S_t (m)	27	31	34	39	47	114

T (f)	1,89	2,46	2,88	3,60	4,76	14,40
T (r)	2	2	2	2	2	2
T (t)	3,89	4,46	4,88	5,60	6,76	16,40

Con pioggia battente, ($F_4 = 0,4$), la strada è percorribile a 50 km/h .

Con strada fangosa la velocità prudenziale non supera i 40 km/h.

I risultati sono esposti in tabella 5/b. Con strada ghiacciata: $F_6 = 0,1$ la velocità è ancora più ridotta. Spazi e tempi di arresto calcolati hanno solo un valore indicativo.

TAB. 5/b Spazi e tempi di reazione, frenatura ed arresto

(con $V. = 40 \text{ km/h} = 11,11 \text{ m/sec}$)

	1	2	3	4	5	6
f	$f_1 = 0,8$	$f_2 = 0,6$	$f_3 = 0,5$	$f_4 = 0,4$	$f_5 = 0,3$	$f_6 = 0,1$
V	40	40	40	40	40	40
Sr	11	11	11	11	11	11
Sf	8	11	13	16	21	64
St	19	22	24	27	32	75
T (s)	1,44	1,98	2,34	2,88	3,78	13,50
T (r)	1	2	2	2	2	2
T (t)	3,44	3,98	4,34	4,88	5,78	15,50

Si vede dalle tabelle n. 5 e n. 5/b che in caso pioggia battente il tempo di giallo a 50 km/h è 5,60" mentre in caso di inizio di pioggia, con strada fangosa, se si procedesse ancora a 50 km/h il tempo di giallo necessario sarebbe 6,76". Ma in quelle

condizioni della strada per prudenza occorre procedere a non più di 40 km/h. Allora il tempo di giallo necessario è di 5,78", Si deduce un tempo di giallo necessario tra 5,6 "e 5,8" nelle condizioni di moto normale con pioggia battente, o di moto rallentato con strada fangosa. Se si ipotizza un tempo di reazione di soli 1,5" i tempi di giallo sono riducibili a 5,5".

Nella prima colonna con $f_1 = 0,8$ si è tenuto un tempo di reazione di solo 1" (cosiddetta inchiodata) . E' chiaro che è un valore eccezionale.

Confrontiamo ora, sulla base di risultati sperimentali, il tempo di giallo necessario per autovetture ed autocarri (e corriere) in condizioni medie.

TAB. 6. Spazi e tempi di reazione, frenatura ed arresto.

Descrizione	Unità di misura.	sigla	autovettura	Autocarro
Velocità	Km/h	V_f	50	50
Velocità	m/s	v_f	13,89	13,89
coeff. d'aderenza	-	F	0,60	0,60
Tempo Psicotec.	s	t_{r1}	0,98	1,20
Tempo Psicotec	s	t_{r2}	1,98	2,20
Spazio nel Tr(1)	m	s_{r1}	13,61	16,67
Spazio nel Tr(2)	m	s_{r1}	27,22	33,34
Spazio di frenat.	m	s_f	16,39	16,39
Tempo di frenat.	s	T_f	2,36	2,36
Tempo totale 1	s	T_{t1}	3,34	3,56
Tempo totale 2	s	T_{t2}	4,34	4,56
Spazio d'arresto1	m	$SA1$	30,00	33,00

Spazio d'arresto2	m	SA2	43,61	49,37
----------------------	---	-----	-------	-------

Le tabelle 4,5,6 che precedono sono derivate da rilevazioni di diverse P.U. riportate su web. E sono sostanzialmente coerenti fra loro.

Riportiamo ora una tabella riassuntiva per valori di aderenza da strada asciutta con media usura $F_4 = 0,55$ a strada bagnata $F_4 = 0,40$. desunti dall'insegnamento di Teoria e Tecnica della Circolazione, della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna (G. Praitoni 2007).

Si desume un'indicazione di tempo di giallo fra il valore $t_g = 5,5''$ ed il valore $t_g = 4,5''$

TABELLA 7. TEMPI E SPAZI DI FRENATURA E DI ARRESTO

(V. G. Praitoni)

per nr. 4 valori di: $f_a = 0,4$ - $f_a = 0,45$ - $f_a = 0,50$ - $f_a = 0,55$ e nr. 2 valori di tr

f_a	V x V	2 g. fa	Sf	$t_f = 2SF/V$	tr	$t_a = t_f + tr$	$S_r = V \times tr$	$S_a = SF + S_r$
0,4	193,2	7,85	25	3,5	1	4,5	14	39
0,4	193,2	7,85	25	3,5	2	5,5	28	52
0,45	193,2	8,83	22	3,2	1	4,2	14	36
0,45	193,2	8,83	22	3,2	2	5,2	28	50
0,50	193,2	9,81	20	2,8	1	3,8	14	34
0,50	193,2	9,81	20	2,8	2	4,8	28	48
0,55	193,2	10,79	18	2,6	1	3,6	14	32
0,55	193,2	10,79	18	2,6	2	4,6	28	46

Per rispondere alla ultima parte del quesito, occorre ora confrontare i dati relativi ai diversi autoveicoli. L' argomento è delicato, riguarda l'efficienza e l'efficacia dell'impianto di frenatura e le condizioni di stabilità del veicolo in marcia.

In teoria poiché è

$$T = f_a \cdot P \quad (6)$$

$$a = f_a \cdot g \quad (7)$$

tutti i veicoli dovrebbero frenare con pari decelerazione, se tutte le ruote sono frenate cioè se tutto il peso P sulle singole ruote è frenato.

In pratica così non è. In particolare nei motoveicoli la brusca frenata della ruota anteriore può provocare il ribaltamento, negli autotreni gli assi possono essere non egualmente frenati, nelle autocorriere gli spostamenti dei passeggeri sono alterazioni nella distribuzione del carico interno e possono creare problemi, ecc... Pertanto si verificano situazioni diverse di frenatura, con diverse decelerazioni risultanti.

La Polizia Urbana del comune di Pisa, confrontando i dati con quelli di analoghe prove di altre Polizie (Polizia Stradale, Polizia urbana di Gambettola), ha ricavato dati su spazi di frenata di veicoli diversi in condizioni di decelerazione massima compatibile con il mantenimento della stabilità dei veicoli. Sono raccolti in tabelle e inseriti nella rete web civica pisana (www.comune.pisa.it) dalla quale si sono ricavati gli:

- Spazi di frenata in base al tipo di veicolo, per diverse velocità iniziali, su strada asciutta, cioè con aderenza elevata (Tab. n. 8)
- Spazi di frenata in base al tipo di veicolo, per diverse velocità iniziali, su strada bagnata, cioè con aderenza bassa (Tab. n. 9)
- Spazi di frenata in base al tipo di pavimentazione stradale,

Con tali dati sono state ricavate le tabelle nr. 8 e nr. 9 sugli spazi di frenata dei diversi veicoli, e poi si è calcolata la decelerazione considerata sicura e possibile in fase di massima frenatura

$$S = V_0^2 / 2 a. \quad (4) \text{ da cui } a = V_0^2 / 2 S \text{ ove}$$

a è in m. / sec. ² V₀ è in m. / sec s è in m.

Nella prima riga delle tabelle n. 8 e n. 9 sono stati riportati i valori della decelerazione di frenatura, per i diversi veicoli tabelle così come si possono calcolare con la (4) dai valori degli spazi di frenatura.

TAB. 8. Spazi di frenata per tipo di veicolo su strada asciutta.

Km/h	m/sec.	Autovetture a = 7,01m/s ²	Moto 6,55 m/s ²	autocarri corriere 5,52 m/s ²	autotreni 4,77 m/s ²	Ciclomotori 5,77m/s ²
10	2.78		0.59	0.70	0.81	0.67
15	4.17	1.24	1.34	1.58	1.83	1.51

TAB. 9 Spazi di frenata in base al tipo di veicolo su strada bagnata.

Km/h	m/sec.	Autovetture a = 5 m/s ²	Moto 4,5m/s ²	autocarri corriere 3,75 m/s ²

20	5.56	2.20	2.37	2.81	3.25	2.68	10	2.78		0.86	1.03
25	6.94	3.44	3.71	4.38	5.08	4.19	15	4.17	1.74	1.93	2.31
30	8.33	4.96	5.34	6.31	7.31	6.04	20	5.56	3.09	3.43	4.12
35	9.72	6.75	7.27	8.59	9.95	8.22	25	6.94	4.82	5.36	6.43
40	11.11	8.82	9.50	11.22	13.00	10.74	30	8.33	6.94	7.72	9.26
45	12.50	11.16	12.02	14.20	16.45		35	9.72	9.45	10.50	12.60
50	13.89	13.78	14.84	17.54	20.31		40	11.11	12.35	13.72	16.46
							45	12.50	15.63	17.36	20.83
							50	13.89	19.29	21.43	25.72

Nelle tabelle che seguono sono stati riportati i valori degli spazi di frenatura e di arresto, delle decelerazioni di frenatura e dei tempi di frenatura e di arresto per i vari veicoli a partire da una velocità di 50 km/h.

Sulla base dei dati sperimentali sugli spazi di frenata, riportati dalla rete civica pisana, si sono ricavati: le decelerazioni di frenatura massime per tipo di veicolo, il rapporto degli spazi di frenata dei vari veicoli rispetto a quello dell'autovettura considerato come unitario, ed il tempo di frenatura, per diverse tipologie e condizioni delle pavimentazioni stradali (asciutte rugose, ad alta aderenza, - lisce, a media aderenza, - bagnate a bassa aderenza) riportati in Tab. 10.

TAB. 10 FRENATURA MASSIMA sperimentale a 50 km/h.

Spazi e decelerazioni, per tipo di veicolo, e per tipo di strada

	Autovetture	Moto	Autocarri, Corriere	Autotreni
1.- STRADA AD ELEVATA ADERENZA				
Spazio di frenatura Sf (m)	13,78	14,84	17,54	20,31
Decel. $a = V_0^2 / 2S$ (m/sec ²)	7,01	6,55	5,52	4,77

I valori sopra esposti sono riferiti alla decelerazione massima applicabile per mantenere stabilità e sicurezza nel moto del veicolo che procede con velocità iniziale di 50 km/h.

E' un valore limite che, di norma, si tende a non raggiungere.

Poniamo la decelerazione di esercizio pari a 3/5 della decelerazione massima, e la chiamiamo frenatura decisa. I relativi parametri, analoghi a quelli calcolati in tab. 10 assumono allora i valori riportati nella Tab. 11

Rapporto Sfveicolo / Sf auto	1	1,077	1,27	1,47
$T_f = T=2S/V_0$ (frenatura)	1,984	2,13	2,53	2,92
2.- STRADA A MEDIA ADERENZA				
Sf (m)	16,08	18,14	21,63	22,94
a in m/sec ²	6,12	5,43	4,55	4,29
Rapporto Sfveicolo / Sf auto	1	1,09	1,3	1,45
$T_f =$ Tempo di frenatura	2,31	2,61	3,11	3,30
3.- STRADA A BASSA ADERENZA				
Sf (m)	19,29	21,43	25,72	25,56
a in m/sec ²	5,00	4,5	3,75	3,5
Rapporto Sfveicolo / Sf auto	1	1,11	1,33	1,43
$T_f =$ Tempo di frenatura	2,78	3,09	3,70	3,68

TAB. 11 FRENATURA DECISA
(Con decelerazione pari a 3/5 della
max.)

Spazi e decelerazioni, per tipo di
veicolo, e per tipo di strada.

Siamo ora in grado di raccogliere in
tabella e tutti i valori relativi agli spazi
di frenatura e ai tempi di frenatura e di
arresto per i diversi veicoli su diversi
tipi di pavimentazione stradale in
condizioni di frenatura massima Tab.
10/b e di frenatura "decisa" Tab. 11/b

TAB. 10/b FRENATURA MASSIMA
sperimentale a 50 km/h.

**SPAZI E TEMPI DI FRENATURA E
D'ARRESTO**, per tipo di veicolo, e per
tipo di strada

	Autovetture	Moto	Autocarri, Corriere	Autotreni
1.- STRADA AD ELEVATA ADERENZA				
Spazio frenatura Sf (m)	22,97	24,73	29,23	33,85
a in m/sec ²	4,20	3,98	3,37	2,91
Rapporto Sf veicolo / Sf auto	1	1,08	1,27	1,47

TAB. 11/b FRENATURA DECISA 50 km/h.
(3/5 dei valori di frenatura max)

a in m/sec ²	3,00	2,70	2,25	2,26
Rapporto Sf veicolo / Sf auto	1	1,11	1,33	1,32
T _f = Tempo di frenatura	4,63	5,14	6,17	6,13

SPAZI E TEMPI DI FRENATURA E D'ARRESTO per tipo di veicolo, e per tipo di strada

TA= tempo d'arresto (R=2")	3,98	4,14	4,53	4,92
2.- STRADA A MEDIA ADERENZA				
Sf (m)	16,08	18,14	21,63	22,94
T _f = tempo di frenatura	2,31	2,61	3,11	3,30
TA= tempo d'arresto (R=1)	3,31	3,61	4,11	4,30
TA= tempo d'arresto (R=2")	4,31	4,61	5,11	5,30
3.- STRADA A BASSA ADERENZA				
Sf (m)	19,29	21,43	25,72	25,56
T _f = tempo di frenatura	2,78	3,09	3,70	3,68
TA= tempo d'arresto (R=1)	3,78	4,09	4,70	4,68
TA= tempo d'arresto (R=2")	4,78	5,09	5,70	5,68

In merito alle tabelle al CTU corre l'obbligo di precisare che queste riportano risultati derivanti dall'applicazione delle formule della cinematica per una frenatura alla velocità iniziale di 50 km/h, che per un autotreno comporta rischi e dall'applicazione dei tempi di reazione come indicati in letteratura.

Compete al giudice valutare se sia compatibile con la guida prudente di un autotreno procedere a 50 km/h in strada bassa aderenza (ad una velocità di 30 km/h spazi e tempi di frenatura risultano dimezzati) e, con strada bagnata la tensione emotiva porta ad un tempo di reazione decisamente ridotto.

4. I VEICOLI NEL TRAFFICO

4.1. TEMPO DI SGOMBERO DELL'INCROCIO

Se, all'apparire della luce gialla, il veicolo ha già impegnato l'incrocio, o non può più fermarsi davanti alla linea di

	Autovetture	Moto	Autocarri, Corriere	Autotreni
1.- STRADA AD ELEVATA ADERENZA				
Spazio frenatura Sf (m)	22,97	24,73	29,23	33,85

arresto, dovrà avere il tempo di attraversarlo prima che termini l'intervallo di tempo concesso. Non solo, ma il veicolo che si trova ad una distanza inferiore alla distanza di arresto S_a, quando è terminata la fase verde, dovrà comunque poter proseguire oltre alla linea di arresto ed aver il tempo di attraversare l'incrocio, a velocità costante. Questa è la condizione più gravosa.

T_f = tempo di frenatura	4,63	5,14	6,17	6,13
T_A = tempo d'arresto (R=1)	5,63	6,14	7,17	7,13
T_A = tempo d'arresto (R=2'')	6,63	7,14	8,17	8,13

Si ha, nel caso di attraversamento, che lo spazio impegnato è

$$S = S_f + W + w \quad (9)$$

Dove W è la larghezza dell'incrocio, w è la lunghezza del veicolo e S_f è lo spazio minimo di arresto. In questo caso il tempo di

attraversamento

$$\text{è } t_a = t_r d + 2 S_f / v \quad (10)$$

Il Manuale di Capacità delle Strade (Highway Capacity Software 2000) dà i valori dei tempi di attraversamento di un veicolo medio di m. 8 di ingombro per diversi valori dell'aderenza f_a, del tempo di reazione t_r, (1'', 2''), e della larghezza (L₁ =12 m, L₂=15 m), dell'attraversamento.

TABELLA 12. TEMPI DI ATTRAVERSAMENTO

per nr. 3 valori di f_a e nr. 2 valori di t_r

f _a	t _r	S _a	D=Sa-8	L ₁	L ₂	D + L ₁	D + L ₂	TA ₁	TA ₂
0,4	1	39	31	12	15	43	46	3,1	3,3
0,4	2	52	44	12	15	56	59	4	4,2
0,45	1	36	28	12	15	40	43	2,9	3,1
0,45	2	50	42	12	15	54	57	3,9	4,1
0,5	1	34	26	12	15	38	41	2,7	2,9
0,5	2	48	40	12	15	52	55	3,7	4,0

Per il tempo di attraversamento si ha quindi nei casi ripresi dal H. C. M.

(Highway Capacity Manual 2000) i un tempo min. di 2,9" e max. di 4,2".

5.

EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA

5.1 CONSIDERAZIONI SUL TEMPO DI TUTTO ROSSO.

Nel '92 la normativa italiana (CNR 1992), al fine di dare un'espressione numerica ai dettati dell'art. 41/10 del C. d. S. relativi ai tempi di frenata e di sgombero, propone il calcolo del tempo di sgombero di un'intersezione semaforizzata da parte dalle correnti veicolari che l'hanno impegnata con la formula (11) $TSGOMBERO = TR + t_g$, ove t_g è il tempo di giallo in cui entrano ancora nell'incrocio veicoli impossibilitati a fermarsi prima della linea d'arresto e TR è il "tempo di tutto rosso" in cui i veicoli della corrente con il giallo non entrano più nell'incrocio e quelli della 2 ° corrente (avversa) non vi entrano ancora. L'incrocio è rosso per tutti, è "tutto rosso". Così lo chiama il anche il C.N.R. con un'interpretazione certo comprensibile, ma anche innovativa del C.d.S.

Per il calcolo del tempo di tutto rosso il CNR (1992) propone la formula.

12) $TR = t_{pd} + S_f / v_v + (D + d) / v_v - t_g$ Dove:

- T_{pd} è il tempo di percezione decisione che può andare da un minimo di 1 ed un massimo di 2 secondi.
- S_f è lo spazio di frenatura (metri) alla velocità v_a (m/s) dei veicoli in arrivo, da porre pari al limite di velocità della strada.
- D è la lunghezza del percorso m all'interno dell'area di intersezione fra le due diverse linee di arresto.
- d è la lunghezza media dei veicoli pari a 8 m. (max = 16,6 m...)
- v_v è la velocità dei veicoli (m/s)
- t_g è il tempo di giallo.

Applichiamo la (11) ad un'auto articolata sull'incrocio n. 4 (Tavoni/Cervi).

Con Velocità $v_v = 40$ km/h (11.12 m/s.) e coeff. di aderenza: $t_a = 0,40$ si ha

dalla tab. 7 lo spazio di frenatura: $S_f = 28,00$ m., da cui, con $t_{pd} = 1,5$ ",

D lunghezza incrocio Tavoni = 23,00 m. e d lunghezza auto art. = 16,6 m. si ha

$TR = 1,5 + 28,00 / 11,12 + 39,6 / 11,12 - t_g = 1,5 + 2,52 + 3,56 = 7,58$ "

Il tempo richiesto per un attraversamento sicuro è ancora di 8".

5.2 CONSIDERAZIONI SUL TEMPO DI SICUREZZA

Nel rapporto di Sintesi dello "Studio Pre-normativo", (B.U. /C.N.R. 10.9.2001),

Nello studio citato il CNR 2001 introduce il "tempo di sicurezza t_s " che .

"deve essere assicurato fra la fine del verde di un segnale e l'inizio del verde del segnale di una corrente antagonista".

Il tempo t_s proposto è la somma algebrica di tre tempi.

(13) $t_s = t_u + t_e - t_i$ ove:

t_u = tempo di uscita, dall'accesso all'intersezione per quei veicoli che non riescono a fermarsi prima della linea d'arresto.

Assomma il tempo di reazione t_r e quello di frenata S_f / v_v . della (12) Si ha quindi: $t_u = t_r + S_f / v_v$

t_e = tempo di sgombero, permette al veicolo in uscita di superare la linea d'arresto e l'incrocio. Chiamando D la larghezza dell'incrocio e d la lunghezza del veicolo si ha $t_e = D / v_v + d / v_v$. Questi termini appaiono già nella (12)

Questo tempo, per la corrente antagonista, è rosso.

t_i = tempo di ingresso, è quello impiegato dal veicolo della corrente antagonista per percorrere la distanza fra la linea di arresto ed il "punto di conflitto" con la corrente precedente. Si sottrae agli altri due.

Ovvero si fanno partire prima i veicoli della 2° corrente (avversa) sul rilievo che trascorre un certo tempo, prima che questi entrino in conflitto con gli ultimi veicoli che stanno sgomberando l'incrocio.

Questa proposta è innovativa del C. d. S., ma non solo nelle definizioni .

Non si limita a chiamare tutto rosso quello che appare invece un tempo di giallo, lasciando però inalterati i tempi assegnati.

Di fatto anticipando i tempi della corrente avversa si azzerava proprio quel tempo di sicurezza che si frappone fra la 1° e la 2°

6. OSSERVAZIONI DEL C.T.P. E RISPOSTE DEL C.T.U.

Le osservazioni del CTP ed i commenti effettuati dal CTU sono inseriti in una tabella di due colonne. A sinistra ci sono le osservazioni del CTP ed a destra i commenti del CTU.

Il documento completo è allegato alla presente CTU. Tuttavia per completezza di esposizione della CTU si sintetizzano qui di seguito i punti salienti del confronto.

1. Il CTP ritiene che chi è fotografato con apparecchi T RED, mentre attraversa l'incrocio con semaforo rosso, anche iniziato dopo pochi millesimi di secondo, è, salvo eccezioni, cosciente dell'infrazione commessa, animato dal desiderio di speculare fino all'ultimo centesimo di secondo di giallo. Il CTU differisce completamente nelle sue valutazioni e ritiene che la stragrande maggioranza dei contravventori, in perfetta buona fede, ritenga di essere passata col tempo di giallo.

Questo perché la grande precisione degli apparecchi di rilevamento supera di molto i limiti della percezione del soggetto che guida. Infatti, la video camera in dotazione del T RED, riprende 50 immagini al s., ed è in grado di restituire ben 4 fotogrammi di una pallottola di rivoltella, che attraversa l'incrocio di 26 m. a 325 m/s., proprio quanti bastano per rilevare l'infrazione). L'occhio umano non riesce a vedere la pallottola. E i guidatori non vedono il rosso come lo vede il T Red in grado di scattare foto pochi millesimi di s. dopo l'accensione del rosso. Di qui, l'impressione del multato di essere vittima di un cattivo funzionamento dell'apparecchio, di qui la richiesta di verificarne la correttezza come da quesito del GDP.

2. Il CTP ritiene che le apparecchiature installate siano perfettamente funzionanti ed il CTU concorda.

L'Istituto Giordano, per richiesta del CTU a Heraluce, (che gestisce i semafori di Val Marecchia), e su commessa di questa ultima, ha effettuato "una prova di funzionamento del sistema di rilevazione delle infrazioni" i cui risultati sono esposti nel rapporto di prova n. 242.038 del 24/6/2008, allegato alla presente, insieme ai filmati di supporto. Il CD 1 per i bracci dei 2 incroci riporta le video riprese parallele del semaforo e del cronometro, le video riprese di una vettura campione (della P.U.), di passaggio con i tempi di giallo e quelli di rosso, confrontabili con le riprese del T Red. Tali filmati e misure confermano il perfetto funzionamento degli strumenti installati.

3. Il CTP ritiene che per rispondere ai quesiti proposti, si possano effettuare alcune esperienze probanti. Il CTU non

concorda con questo tipo di approccio poiché nella fattispecie, non si tratta di determinare alcuni parametri di singoli veicoli come nelle perizie infortunistiche (i veicoli coinvolti, rispettavano o no i limiti di velocità ecc...), ma di determinare le condizioni più difficili, per l'insieme dei veicoli circolanti (attraversamento della linea di arresto da parte di autotreni, decelerazione "dolce" di autocorriere, ridotta efficienza frenante per veicoli di fasce utilitarie, ammesse a revisione.....). Di qui, la continua richiesta del CTP al CTU di indicare da quale veicolo, da quale libretto di circolazione egli abbia tratto i valori proposti negli esempi (la fascia utilitaria può comprendere la Fiat 127, la Ford Fiesta, la Fiat Panda ecc...)

4. Sulla base di queste differenti valutazioni, il giorno delle prove (7/6/2008) il CTP ha richiesto all'Istituto Giordano di effettuare anche una serie di prove volte a misurare in ipotesi spazi e tempi di reazione e di frenatura dell'autovettura Fiat Punto, in dotazione della P.U. di S. Arcangelo, guidata, in qualche passaggio da un giovane vigile, che reagiva come un pilota da Rally, ed in qualche altro da una vigile più riflessiva ma comunque esperta di guida molto di più del guidatore medio italiano. Sull'utilità di tale prova, il CTU ha manifestato subito perplessità sul rilievo che ancorché riuscite, queste prove, realizzate con un solo veicolo, in un incrocio mantenuto sgombro dalla PU, non sarebbero state rappresentative di una situazione più complessa come quella del traffico urbano. Tuttavia, le prove neanche sono riuscite. Per l'assenza di progetto di prova, è rimasto fuori campo della video camera, il traguardo iniziale (4° birillo) perciò non si vede nella ripresa video, l'inizio dello spazio di arresto (4° birillo), il cui tempo di percorrenza avrebbe dovuto desumersi dallo scorrere delle immagini, in tempo reale dal traguardo iniziale, e non certo da quanto detto da chi era a bordo del veicolo ed il cui tempo di frenatura, invece dal tempo di accensione degli stop dell'auto.
5. I risultati che derivano dai dati ricavati in questo modo, sono inattendibili, anche perché le formule, richiamate dal CTP, non sono applicate correttamente (v. commento alla 2° rel. CTP). Proseguendo i calcoli con quei dati rilevati in maniera induttiva, si ricavano decelerazioni e accelerazioni di 35 m/s^2 (3,5 g), pari a quelli della navetta Shuttle in fase di decollo, ovviamente improponibili.
5. Secondo il CTP all'apparire del giallo, comunque il guidatore deve porre mano al freno e quindi non ha senso tener conto di un "tempo di valutazione" di 1". Se così è, il guidatore di un'auto articolata che si accorge solo alla fine dell'arresto di non riuscire a tenere "il muso" del veicolo, entro la linea di arresto, dovrebbe accelerare di nuovo fino a 50 km/h e sgomberare l'incrocio. L'impegno di tempo totale (giallo) risulta di circa 9". Il CTU si è astenuto dal calcolare l'accelerazione che dovrebbe essere impressa al veicolo per non far scattare il T RED durante la fase di sorpasso della linea di arresto. Un ingegnere veneto, di cui il CTP ha riportato alcune memorie in allegato, si è preso la briga di farlo e ne sono risultate di nuovo accelerazioni confrontabili con quelle dello "Shuttle" in fase di decollo. Irrealizzabili nel caso in esame, incompatibili con la sicurezza dell'incrocio e fuori degli scenari ipotizzati dal CTP.
6. Nell'insieme, il punto di confronto principale fra CTP e CTU è la valutazione del tempo di giallo. Secondo il CTP (vedi memo CTP pag. 17, risposta al quesito 2) il tempo di giallo di 4" è sufficiente per dare applicazione al dettato dell'art. 41/10 del C.d.S. A prescindere dalle considerazioni particolari del CTP, analizzate nel punto seguente, il CTU per considerazioni di carattere generale, ritiene tale tempo insufficiente, per tante situazioni di cui solo alcune riportate:
 - autovettura di categoria utilitaria, revisionata positivamente, con efficienza frenante 0,45 (vedi es. e circolare allegata) autoarticolato, di fronte all'incrocio (v. schema nr. 2)
 - autocorriera
7. La conclusione del CTP che il tempo di giallo di 4" è sufficiente, si basa su presupposti non condivisibili, qui di seguito riportati:
 8. non si può scegliere, come campione di un insieme statistico di veicoli un solo veicolo tipo scelto come campione senza che vengano definiti preventivamente i criteri per la campionatura;
 9. un esperimento è scientifico se è ripetibile e si basa su di una documentazione completa.

Nella fattispecie, non è ripetibile, proprio perché la documentazione è incompleta. La telecamera non ha

ripreso il primo traguardo, dal quale inizia lo spazio di reazione (simulato) percorso durante il tempo di reazione di 1”.

10. la mancanza di riscontri oggettivi (filmati) non è compensata dalle dichiarazioni verbali. La valutazione è palesemente improponibile ed indica valori variabili fra i 16,00 ed i 20,00 metri. Nella nota “Lo spazio di arresto, di Vincenzo Di Michele, per un’auto che procede a 50 km/h e frena di colpo, (dec. di 8,67 m/s², cd “inchiodata”, quasi max. g = 9,81 m/s².) lo spazio di arresto è 25 m. E’ curioso notare che il CTP che ha inviato la nota sopra citata al CTU , via E-Mail, il giorno 11.5.2008 non ne abbia poi tenuto conto. V. allegato n.
11. I valori di 16,00 e 20,00 m. possono al più riferirsi a degli spazi di frenata, non certo a degli spazi di arresto, che comprendono spazi di reazione e spazi di frenata. Se 16 m. si riferissero allo spazio di arresto, lo spazio di frenatura (al netto di quello di reazione) risulterebbe di soli 2,12 m. con una decelerazione di 3,5 g. (paragonabile a quella dello Shuttle).
12. Il CTP confonde spazio di arresto e spazio di frenata. Scrive che l’intervallo misurato, (16,00 o 20,00 m) è spazio di arresto, poi applica a questo, le formule dello spazio di frenata.
13. Il CTP contesta le formule teoriche proposte dal CTU, poi le utilizza per creare un rapporto di omogeneizzazione fra autotreno ed autoveicolo (v. CTP p. 16).
14. Sulla base di questo coefficiente, aumenta gli spazi di frenata o arresto e ne deduce il tempo di giallo, che andrebbe bene anche per un autoarticolato. Ma, se sono errati presupposti e le misure, sono errate anche le conclusioni.

7. CONCLUSIONI

La regolamentazione degli incroci semaforizzati deriva direttamente dai dettati dell’Art . 41/10 del Codice della Strada.

E’ evidente che la situazione è diversa da incrocio ad incrocio., secondo le diverse geometrie dell’intersezione.

Fra la fase regolamentata da lanterna verde e quella regolamentata da lanterna rossa occorre un tempo intermedio, transitorio che deve permettere il cambiamento dei flussi di traffico che devono essere diversamente orientati entro dei parametri di sicurezza.

Le norme del CNR del 1992 hanno individuato delle formule per il calcolo del tempo di sicurezza (inter tempo), fra la fine del verde e l’inizio del rosso. Per questo inter tempo il C.d.S. considera un tempo chiamato un tempo di giallo.

Nella norma CNR per il calcolo del tempo di sicurezza, si sommano la valutazione dei tempi di reazione, di quelli necessari per superare lo spazio di frenatura, la lunghezza del veicolo, oltre la linea di arresto e la lunghezza dell’incrocio, attraversato con la velocità di progetto. E’ il tempo totale che secondo l’art. 41/10 deve intercorrere fra il tempo di verde di una corrente e quella della corrente antagonista.

Da questo tempo totale, dal CNR è dedotto un tempo fisso di 4”, che è predestinato al giallo. Quindi, questa formula permette di calcolare il tempo necessario per attraversare qualunque incrocio. Il tempo totale è suddiviso in due parti: la prima di 4” è un tempo fisso di giallo e i restanti secondi calcolati, un tempo denominato dal CNR, “tempo di tutto rosso”, innovativo rispetto al C.d.S.

Il calcolo di questo intertempo, necessario a distanziare le fasi di verde e di rosso, è valutato su elementi oggettivi, quali la geometria dell’incrocio e le formule della cinematica.

Le ragioni della suddivisione di questo totale in due parti: una quota fissa, quasi una franchigia al giallo ed il restante destinato al cosiddetto “tutto rosso”, non risultano chiare al CTU, perché il C.d.S. non ha previsto altro che un tempo di giallo

per la frenata se possibile, o lo sgombero dell'incrocio.

Un passaggio successivo, lo compie lo "studio pre normativo" del CNR del 2001, che inserisce un "tempo di ingresso", per la corrente avversaria, al posto della franchigia fissa di giallo delle norme precedenti.

Questa trasformazione risulta ancora più oscura al CTU, perché lede la sicurezza dell'incrocio, facendo entrare i veicoli della corrente avversaria quando ci sono ancora quelli della corrente precedente. Neanche l'individuazione secca di un tempo giallo valido per tutti gli incroci con valori di 3" o 4" o 5" s. risulta chiaro al CTU.

In altre parole, il tempo, che l'art 41/10 individua come disponibile per una corretta fase di frenatura o, in alternativa di sgombero dell'incrocio, è trasformato in un tempo di "tutto rosso ", sottratto alla disponibilità dell'utente della strada e sanzionato amministrativamente. In seguito, con le indicazioni dello studio pre-normativo CNR/2001 viene pure pericolosamente ridotto, sottraendo al tempo di sgombero un "tempo di ingresso" (conferito alla corrente avversaria in anticipo sul suo verde) il quale era rimasto come unica interposizione di sicurezza fra i veicoli della prima corrente, in fase di sgombero e quelli della seconda in fase di ingresso.

Infine per la CTP si può annotare quanto segue:

- il CTP ha rilevato sviste materiali da correggere. Si ringrazia.
- Il CTP ha richiesto un esperimento senza rilevanza scientifica.
- Il CTP non ha sollevato rilievi, ha solo chiesto al CTU giustificazioni, fuori luogo in questa sede, perché reperibili nella letteratura tecnica.

8.- LE RISPOSTE DEL C.T.U. AI QUESITI DEL GIUDICE

Il I° quesito del Giudice riguarda

"la durata dell'accensione della lampada gialla che precede l'accensione di quella rossa, perché possa ritenersi rispettato il principio di prudenza, di cui all'art 41, comma 10 del C.d.S. secondo cui durante il periodo di accensione della luce gialla, i veicoli non possono oltrepassare gli stessi punti stabiliti per l'arresto di cui al comma 11, a meno che vi si trovino così prossimi, al momento dell'accensione della luce gialla, che non possano più arrestarsi in condizioni di sufficiente sicurezza. In tal caso essi debbono sgomberare sollecitamente l'area di intersezione con opportuna prudenza".

Il CTU risponde:

il quesito proposto focalizza l'attenzione su di una delle due situazioni ipotizzate dell'art. 41/10 del Codice della Strada, quando il veicolo in moto vicino alla Linea di Arresto non dispone di spazio sufficiente per arrestarsi entro quel traguardo, ed è costretto ad attraversare l'incrocio.

Tale tempo (v. cap. 5.1, formula 11) è determinato dalla necessità di superare cinque distinti momenti, individuati nel quesito, che corrispondono a spazi percorsi e tempi impiegati, esattamente come segue:

1. il tempo di percezione
2. il tempo di reazione
3. il tempo per superare lo "spazio di frenata" residuo, non più sufficiente per l'arresto.
4. il tempo per superare la linea di arresto con tutta la lunghezza del veicolo
5. il tempo necessario ad uscire dell'incrocio con tutto il veicolo.

Una risposta numerica esatta è possibile solo quando si ha a che fare con un solo veicolo (la ricostruzione d'un incidente

stradale, una prova di passaggio e frenata su strada, come quella tentata e non riuscita a S. Arcangelo) .

Ma il traffico è più complesso di un caso singolo, è composto di una moltitudine di soggetti con caratteristiche diverse fra loro, da analizzare in condizioni diverse, come effettuato nel seguito rispondendo al quesito nr. 2.

Il CTU deve tenere conto delle diverse situazioni, deve esporre i dati temporali che ne derivano, e spetta al Giudice trarre le conclusioni.

Innanzitutto il CTU ha preso in considerazione i tempi dei semafori in esame ed ha rilevato che le fasi di giallo di questi tempi non risultano sufficienti a permettere l'attraversamento dell'incrocio da parte di autotreni, autocorriere ecc (v. Schema 2, pag. 28) . In particolare per un autotreno che transiti nelle condizioni dell'art. 41 / 10 attraverso l'incrocio alla velocità di 50 km/h. necessitano almeno 6,37" che salgono a circa 7" tenendo conto di tempi di reazione meno ristretti o più, nell'ipotesi che il guidatore, durante la manovra davanti al semaforo, riduca la velocità di marcia per ragioni di sicurezza. In tal caso, un tempo ragionevole di giallo per compiere le manovre, sale ad 8" ed oltre. Autotreni, corriere ed autobus, sono protagonisti correnti sulla strada. Si è trascurato il passaggio di trattori, pur ammesso su quel tratto di strada, nell'ipotesi che l'"evento raro" provochi un rallentamento generale ed un aumento dell'attenzione dei guidatori, a tutto vantaggio della sicurezza.

Altra situazione analoga per lunghezza di veicolo e decelerazione ammissibile, è quella degli autisti di autocorriere ai quali è inibita, per evitare possibili cadute di passeggeri o bagagli, ogni brusca frenata. A prova del fatto sta la recente vertenza di autisti dell'ATC di Bologna per multe erogate ai guidatori alla guida di un lungo veicolo sorpreso dal rosso quando ancora "la coda " attraversava la linea di arresto (v. Varesi "L'Odissea di un bus" su La Repubblica 25/3/2008). La lunghezza dei veicoli presi in esame è sicuramente il caso limite, tuttavia alla guida di questi veicoli ci sono autisti muniti di patente "C", quindi con tempi di percezione e reazione ridotti rispetto alla media degli altri guidatori (2,2"). Quindi si può ritenere il tempo di 6,5" un minimo assoluto per poter rispettare il predetto articolo del C.d.S. I calcoli (v. schema 2) eseguiti sulla base delle formule indicate dal CNR nelle norme (Bollettino 15/12/1992 n. 150) ricavano il tempo di sicurezza t_s cioè "il tempo che deve essere assicurato fra la fine del verde di un segnale e l'inizio del verde del segnale di una corrente antagonista". t_s traduce in linguaggio matematico il dettato dell'art 41₁₀ del C.d.S. per il tempo di giallo. Si fa presente che nello schema 2 (di minima) sono stati ipotizzati per gli autisti ATC tempi di reazione inferiori di 0,45 s. a quelli suggeriti nel prosieguo di questa trattazione.

Utilizzando la formula (11) del CNR/92, questo tempo di sicurezza è

$T_s = T_r + T_g$ con T_r tempo di tutto rosso e T_g tempo di giallo.

Il II° quesito del Giudice riguarda

"Il tempo di accensione di una luce gialla rispetto ad una frenata che consenta di fermare il veicolo prima della linea di arresto, secondo una decelerazione media, dovendosi escludere l'ipotesi di brusca frenata e ciò in rapporto agli altri veicoli ed ai molteplici parametri sotto indicati..."

i parametri di cui tener conto nella determinazione della predetta durata sono:

1. il tempo di reazione del conducente medio (già prestabilito in sede di esame medico per la concessione della patente ex art. 324 (Reg. CdS).
2. Il tempo di valutazione del conducente medio, ovvero del tempo necessario al conducente per accertare di non avere a tergo veicoli tanto prossimi da costituire un rischio di tamponamento in caso di frenata.
3. la natura del fondo stradale (asfaltata, lastricata o altro).

4. Il tipo di veicolo a motore in arrivo (motociclo, autoveicolo, autocarro, corriera.).
5. le condizioni atmosferiche (strada asciutta, umida, fangosa, bagnata da pioggia battente).
6. le condizioni medie dei pneumatici dei vari veicoli.
7. Il tempo di trasmissione meccanica ed oleodinamica dell'azione frenante e di ogni altro fattore influente sulla durata dell'azione frenante, a partire dall'istante di accensione del giallo fino a quello del rosso.
8. la correlazione di tutti i dati sopra elencati alla velocità massima consentita sulla strada in questione.

Nel merito il CTU risponde:

1. Tempi di reazione: per i guidatori dei veicoli che debbono percepire la presenza dell'ostacolo sulla strada, si propone il tempo rilevato da MIT per una segnalazione luminosa di Stop Tr = 0,83 s. (v. all. to).

Per i guidatori dei veicoli di trasporto personale, in ottemperanza al dettato dell'art. 119 C.d.S. e 324 del Regolamento, che richiede dei riflessi classificabili almeno nel 4° decile della scala decilica di classificazione, cioè nel primo 40% dei migliori, si ritiene di abbassare il tempo min. di reazione al valore $Tr = 0,7$ s. (85% del valore precedente).

2. Tempi di valutazione e decisione: il CTU ritiene di dover indicare un primo tempo relativo alla valutazione della distanza che separa il veicolo alla linea di arresto, ed un secondo tempo per il confronto della suddetta distanza con la capacità frenante del veicolo nonché per l'accertamento di non avere veicoli a tergo in condizioni di tamponare il veicolo in esame. Si ritiene di proporre 0,60 s. per valutare la distanza della linea di arresto ed altrettanti per la valutazione della possibilità di frenare nell'ipotesi di non avere, tergo, dei veicoli così prossimi, da costituire un pericolo di tamponamento. Si ha pertanto Td = 0,60 s.+ 0,60 s.= 1,20 s. Per quanto concerne i veicoli condotti da guidatori in possesso di patente C , per i motivi sopra richiamati, tale tempo si riduce all'85% di quello attribuito ai guidatori dei veicoli privati: $1,20 \text{ s.} \times 0,85 = 1,02 \text{ s.}$ In conclusione, si ritiene che necessitino dei valori di $Tr + Td$ pari a 0,83 s. + 1,20 s. = 2,03 s. per conducenti privati e $0,7 \text{ s.} + 1,02 \text{ s.} = 1,72 \text{ s.}$ per conducenti pubblici. Andrà poi sommato un tempo di trasmissione meccanica di 0,2 s. (v. punto 7).

3. Natura del fondo stradale:

Si tratta ora di esaminare l'aderenza del pneumatico alla strada.

Nel merito occorre rilevare che la meccanica della locomozione è una scienza in continua evoluzione sotto gli occhi di tutti (vedi competizione automobilistica di formula uno), che non sempre è subito recepita dalle Istituzioni. Avviene pertanto che la ricerca si frammenti in molteplici iniziative differenti di cui il CTU ha dato qualche cenno nelle tabelle che precedono.....

4. Il tipo di veicolo a motore in arrivo Il CTU ha ritenuto di attingere sia ai dati della ricerca universitaria sia ai rilievi della P.U. che sul piano pratico hanno cercato di dare espressione alle diverse situazioni limite in cui si possono trovare i diversi veicoli su strada (un'auto non deve slittare né sbandare, una motocicletta innanzitutto non deve ribaltarsi per un eccesso di frenata sulla ruota anteriore ecc...)

Sono state quindi espone nelle tabelle 10,11 e 12 diverse situazioni che non si possono sintetizzare in un numero, ma che comunque ripropongono l'inaccettabilità di tempi di giallo al di sotto dei 6,5".

5. Le condizioni migliori di aderenza sono quelle di strada asciutta, seguita da quella di pioggia battente che, lavando il manto stradale ed i pneumatici, ripropone un contatto ottimale fra pneumatico e strada. La condizione umida non ancora ripulita è senz'altro ancora peggiore e la peggiore di tutti è quella di strada fangosa, all'inizio della pioggia, dove lo strato di fango funge quasi da lubrificante fra strada e pneumatico.
6. Il quesito riguarda sostanzialmente i controlli che sono fatti sul veicolo che è portato a revisione. Ma il controllo non è effettuato soltanto durante la revisione, perché la presenza o meno dello spessore minimo del battistrada sul

pneumatico, è controllabile da parte di qualunque agente, senza difficoltà alcuna e pertanto l'utente della strada sta ben attento a non varcare i limiti.

si può ragionevolmente sostenere che il punto più debole del veicolo è invece l'efficienza frenante indagata dal CTU al punto 2.7 da cui si deduce un tempo di giallo ammissibile di...6,06" di frenatura +1,5" di reazione, per un totale di 7,5" almeno, ma meglio 8".....

7. per il tempo di trasmissione meccanica si è aggiunto il tempo di trasmissione meccanica (0,2" per autoveicolo e 0,3" per autotreni), a quello di reazione indagato al punto 2.....
8. Nella pratica si è verificato che in situazioni limite se l'utente avesse frenato e poi avesse dovuto, per motivi diversi, accelerato per attraversare l'incrocio, sarebbe stato certamente sanzionato.

questa è la situazione più complessa perché un iniziale decelerazione nell'ipotesi di riuscire a frenare con un pentimento ed una ri-accelerazione, dilata molto il tempo complessivo di sicurezza. Non si può dare un quadro generale, si può solo sottolineare il fatto che i conducenti di veicoli lunghi (autobus, auto articolati ecc..) duramente penalizzati dai sistemi di rilevazione automatica sono comunque incentivati ad attraversare comunque e ad alta velocità con evidenti pericoli per la sicurezza generale.

Il IV° quesito riguarda " la esatta corrispondenza in entrambi i T-RED fra i fotogrammi e l'ora indicata sugli stessi.

Nel merito il CTU risponde:

per verificare la corrispondenza fra i fotogrammi ed il tempo indicato sui medesimi, il sottoscritto CTU di concerto con il Giudice ha chiesto alla società Heraluce che gestisce gli impianti di richiedere da istituto specializzato l'effettuazione di misure che avessero carattere di terzietà rispetto a quelle proposte da T Red. Esperita la trattativa tra 3 istituti possibili, è stato scelto l'Istituto Giordano in quanto l'unico in grado di effettuare la rilevazione nei brevi tempi necessari per la conclusione della CTU.

L'Istituto Giordano ha effettuato le rilevazioni che confermano la funzionalità degli impianti di rilevazione, cioè che i fotogrammi e l'ora indicata corrispondono esattamente.

Il sistema quindi è funzionale ed efficiente.

Tuttavia a fronte di quanto esposto dal CTP si ritiene opportuno effettuare qualche precisazione.

L'apparecchiatura T Red é munita di un rilevatore di tempi con una precisione di un millesimo di secondo, la fotocamera è in grado di scattare due fotogrammi in dieci millesimi di secondo.

Tali funzionalità ed efficienza supera largamente i limiti imposti dalla sensibilità umana.

L'essere umano medio non è in grado di distinguere due eventi distinti se non intercorre fra l'uno e l'altro un intervallo temporale di almeno un paio di decimi di secondo; l'occhio umano è in grado di percepire una immagine se questa appare per più di un ottavo di secondo

Il decreto di omologazione del T Red prevede che l'apparecchiatura entri in funzione dopo un certo tempo dall'apparire del rosso senza specificare quanto.

Se tale tempo è fissato al di sotto di 0,83 secondi l'uomo non può avere percezione della luce rossa.

Per chiarire il concetto si porta il seguente esempio: se un arma da fuoco, a canna corta, in dotazione dell'esercito italiano, sparasse un colpo attraverso l'incrocio, la definizione degli strumenti applicati sarebbe in grado di documentarne il passaggio multandola con la produzione di oltre 6 fotogrammi. Un occhio umano non vedrà nulla.

Contrariamente a quanto sostenuto dal CTP, tutti coloro che sono stati fotografati alla guida dei veicoli che hanno attraversano la linea di arresto, dopo lo scatto della luce rossa, ma prima del trascorrere dei tempi di reazione, non ne hanno consapevolezza e rimangono stupefatti di fronte alle prove esibite dalla P.U. Non sono in malafede come ritiene il CTP, semplicemente i loro sensi non hanno una così alta definizione.

Con la soprascritta esposizione, il sottoscritto ritiene di avere risposto ai quesiti proposti, e, pur senza fornire una risposta univoca ritiene di avere evidenziato che ad un tempo di giallo inferiore ai 6,5" corrisponde una situazione di sanzioni certe, per talune categorie di veicoli quali corriere ed autotreni, (v. schema 2) utilitarie con efficienza frenante 0.45-0,5. (v. 2.7) e altri. Queste categorie quando incappano nel giallo entro lo spazio di arresto sono portate addirittura ad accelerare. Il CTU giudica tale situazione, pericolosa e sicura produttrice di contravvenzioni che l'utenza non accetta (perché inconsapevole). Durante il tempo di verde la tensione si sostituisce all'attenzione per l'insufficienza del successivo tempo di giallo. Molto utile sarebbe allora un preavviso della fine del verde (verde lampeggiante, contatempo alla. fine fase o altro allarme che Heraluce ha già provato).

Oltre al minimo di 6,5" di giallo ritiene opportuno un margine di sicurezza da 1" a 1,5" che porterebbe ad un tempo di giallo di 8" per un veicolo puntiforme. Ritiene pure opportuno l'avvio della sanzione dopo il tempo di percezione del rosso, cioè 0,83", Così anche l'utenza potrebbe essere resa consapevole dell'infrazione e non dubitare più della correttezza della correttezza degli impianti di rilevamento.

Resta comunque a disposizione per ogni eventuale necessario chiarimento e si sottoscrive

In fede

Rimini 10/7/2008 Lucio Pardo