

SOCIETA' ITALIANA INFRASTRUTTURE VIARIE

4° Corso di Alta Formazione alla Ricerca - Pavimentazioni, materiali e metodi per le infr.stradali ed aerop. -

Park Hotel Porto Istana - Aeroporto di Olbia Costa Smeralda -11 -15 settembre 2006

Sessione 12.09.06 – H 8:30 -10:45 – Chairman: Prof. A.Tocchetti – Relatori: Prof. G. Tesoriere e Prof. F.G. Praticò

Gestione e manutenzione stradale ed aeroportuale

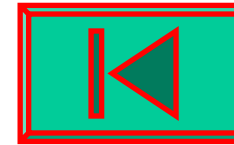
Martedì 12 settembre	Chairman Prof. A.Tocchetti
	Ore 8:30 Gestione e manutenzione stradale ed aeroportuale Prof.G.Tesoriere, Prof. F.Praticò
	Ore 10:45 Coffee break
	Ore 11:15 Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali Prof. F.Praticò
	Ore 13:00 Pranzo

Filippo Giammaria Praticò
Dipartimento DIMET – Facoltà di
Ingegneria- Università Mediterranea degli
Studi di Reggio Calabria – via Graziella Feo
di Vito – 89133 Reggio di Calabria –
fpratico@ing.unirc.it

Indice

Sezione A - Rilievo stato pavimentazione

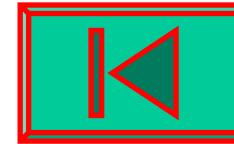
Finalità primarie dei rilievi; Principali prestazioni/caratteristiche oggetto di rilievo; tessitura; regolarità; aderenza; Principali classi di descrittori della superficie stradale, relative norme, relative strumentazioni; Degradi superficiali; deflection; Pavement Condition Rating Systems; Soglie caratteristiche in collaudo ed in esercizio; penalità



TEX	ADER	DREN	DEGR	SOGL	STRAT
REGO	ACUS	PORT	PCR	PENA	

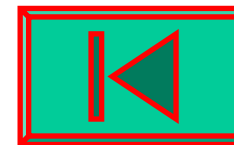
Sezione B - Manutenzione ordinaria e straordinaria

Definizioni, interventi, Peculiarità aeroportuali.

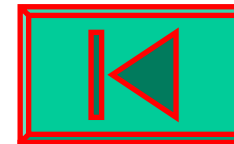


Sezione C - Gestione integrata della pavimentazione

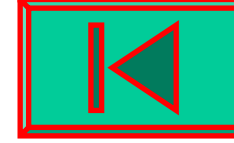
Ciclo di vita, stima dei costi, analisi comparata; pavement management system






Peculiarità aeroportuali



Supporti bibliografici



Ideogramma tematico

Macro-insieme	Sub-insiemi principali	Ideo-gramma
<p>Sezione A Rilievo stato pavimentazione Pavement Evaluation.</p>	<p>Metodi di rilievo (regol., ammalor., aderenza, strutturali), strumenti di Misura, ammaloramenti tipici, giudizio globale Evaluation methods, measurements and pavement distress/damage, Pavement Condition Rating Systems</p>	
<p>Sezione B Manutenzione ordinaria e straordinaria Maintenance & Rehabilitation.</p>	<p>Metodi tipici Typical methods of both.</p>	
<p>Sezione C Gestione integrata della pavimentazione Pavement Management.</p>	<p>Ciclo di vita della pavimentazione, analisi dei costi, sistemi di gestione Pavement lifecycles, cost analysis and pav. management systems.</p>	

Sezione A

Rilievo stato pavimentazione

Pavement Evaluation.



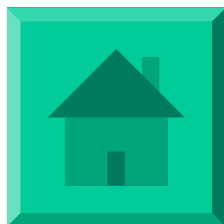
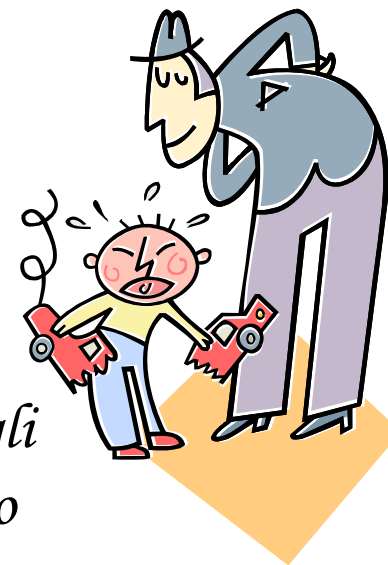


Sezione A

Rilievo stato pavimentazione Pavement Evaluation.

Sommario

Per fare bisogna capire. Per capire bisogna indagare e pensare. Durante il rilievo, le caratteristiche della pavimentazione (degradi, portanza, regolarità, aderenza, etc.) sono rilevate ed i relativi indicatori sono determinati. Se si analizzano gli indicatori è possibile capire dove (priorities), come (strategies) operare nel breve periodo. Se si stima l'evoluzione degli indicatori (magari sintetici, di stato) è possibile meglio operare anche nel medio e lungo periodo.



Finalità primarie dei rilievi (Pavement Evaluation)

- **Stabilire le priorità** (*classificazione dei tronchi in funzione dello stato*) - *Establish maintenance/rehabilitation priorities.* Condition data such as roughness, distress, and deflection are used to establish the projects most in need of maintenance and rehabilitation. Once identified, the projects in the poorest condition (low rating) will be more closely evaluated to determine repair strategies.
- **Individuare la strategia più opportuna** (*ricarica, trattamento superficiale, tappetino, riciclo, etc.*) *in funzione dello stato* - *Determine maintenance and rehabilitation strategies.* Data from visual distress surveys are used to develop an action plan on a year-to-year basis; i.e., which strategy (patching, surface treatments, overlays, recycling, etc.) is most appropriate for a given pavement condition.
- **Stimare l'evoluzione degli indicatori al fine di elaborare il piano degli investimenti** - *Predict pavement performance.* Data, such as ride, skid resistance, distress, or a combined rating, are projected into the future to assist in preparing long-range budgets or to estimate the condition of the pavements in a network given a fixed budget.



Principali prestazioni/caratteristiche oggetto di rilievo

- Tessitura della superficie (sottoclassi correlate: Regolarità -Roughness, "smoothness"-, Degradazioni superficiali -Surface distress, macrotessitura, microtessitura, etc.);
- Resistenza all'attrito (Skid resistance);
- Proprietà ottiche;
- Proprietà acustiche/drenabilità
- Portanza (Structural evaluation) degradazioni profonde, etc.;
- Altre.

**Prevalente-
mente
Superficiali**

**Prevalente-
mente volu-
miche**

A:
PAV.EV

Macrodominio della tessitura del piano di via - Interferenze con difettosità localizzate ed indicatori tradizionali



Indicatori di tessitura: struttura logico-matematica

[Boscaino G., Praticò F.G., *Classification et inventaire des indicateurs de la texture superficielle des revêtements des chaussées*, Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, Gennaio 2002. ISSN: 1269-1496.]

Present Serviceability Index,
Pavement Condition Index

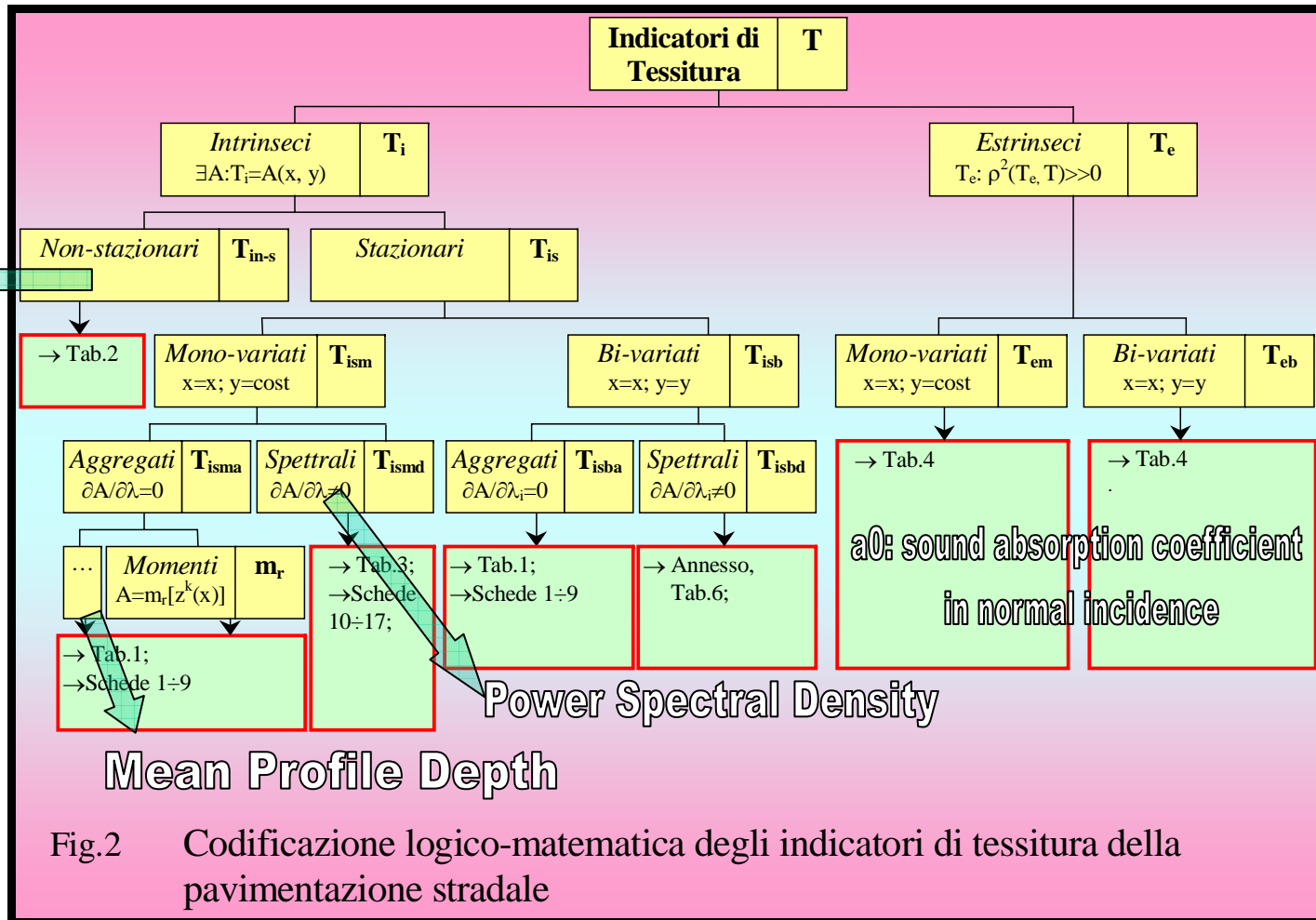
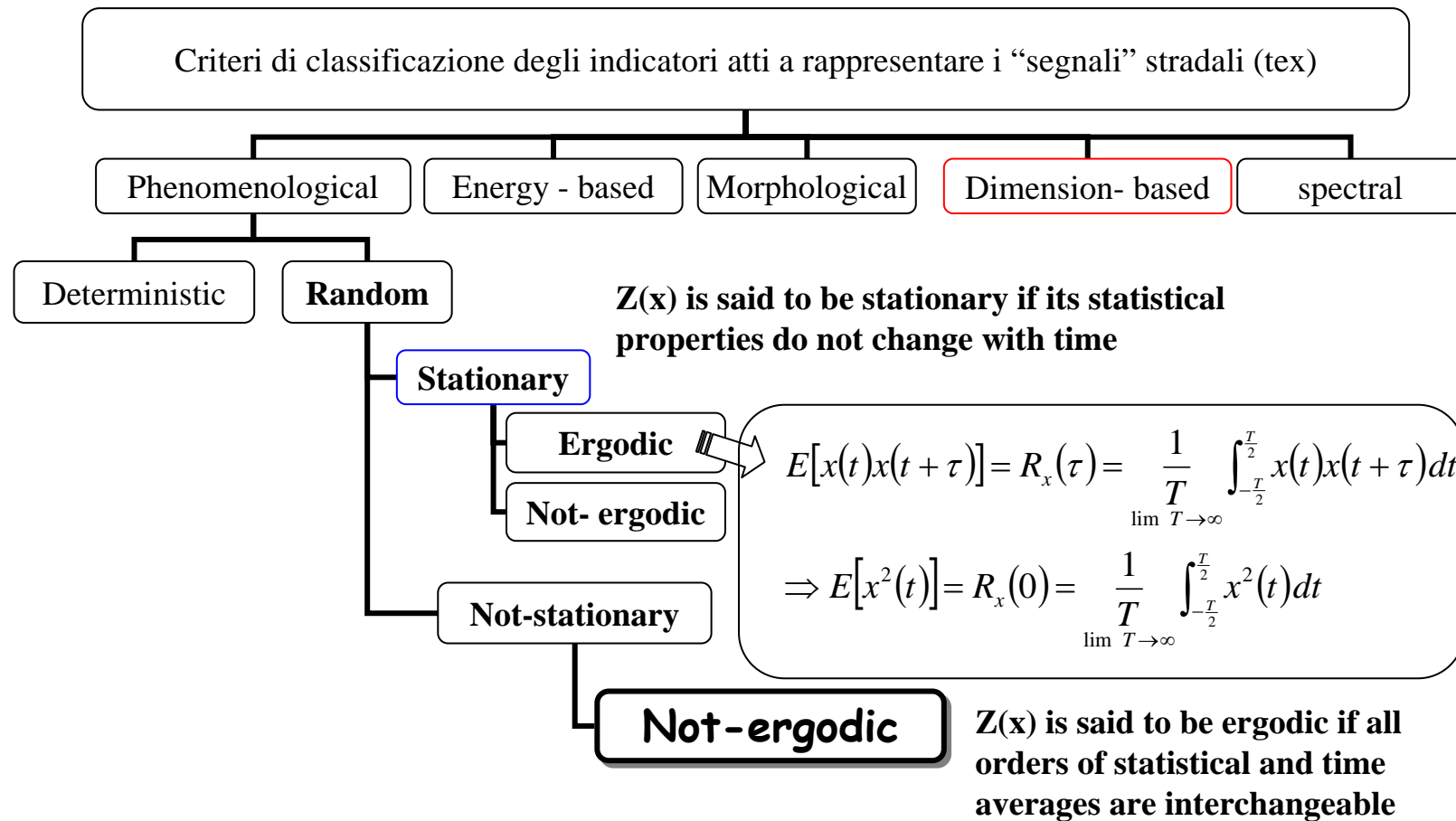


Fig.2 Codificazione logico-matematica degli indicatori di tessitura della pavimentazione stradale

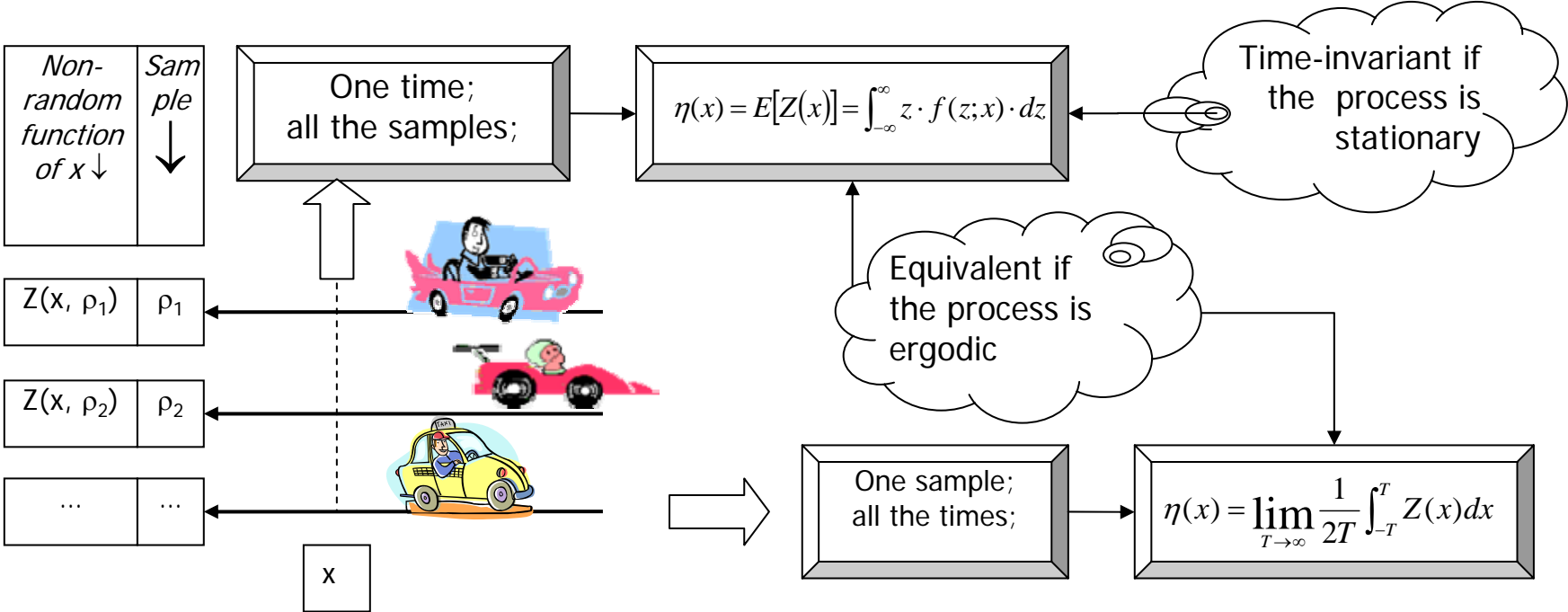
Indicatori di tessitura: Struttura logico-matematica - estensione

(Fundamentals For A Possible Theory of Pavement Surface Defects - [Praticò F.G., Nonstrictly-Ergodic Signals In Road Roughness Analyses: A Theoretical And Experimental Study, – II INTERNATIONAL CONGRESS - FLORENCE, OCTOBER, 27TH 29TH, 2004])



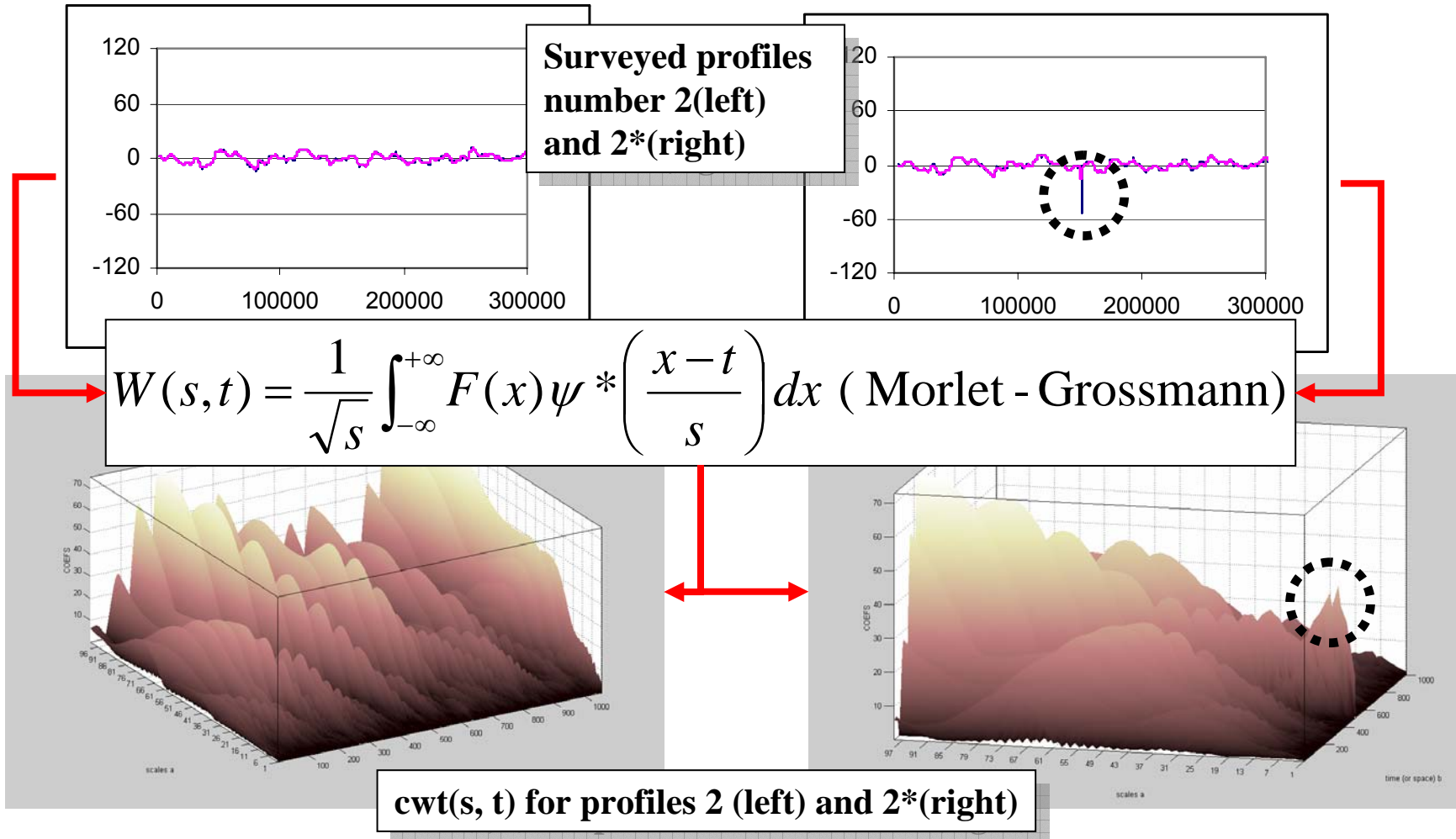
Ergodicità e stazionarietà

[Praticò F.G., Nonstrictly-Ergodic Signals In Road Roughness Analyses: A Theoretical And Experimental Study, – II INTERNATIONAL CONGRESS - FLORENCE, OCTOBER, 27TH 29TH, 2004)]



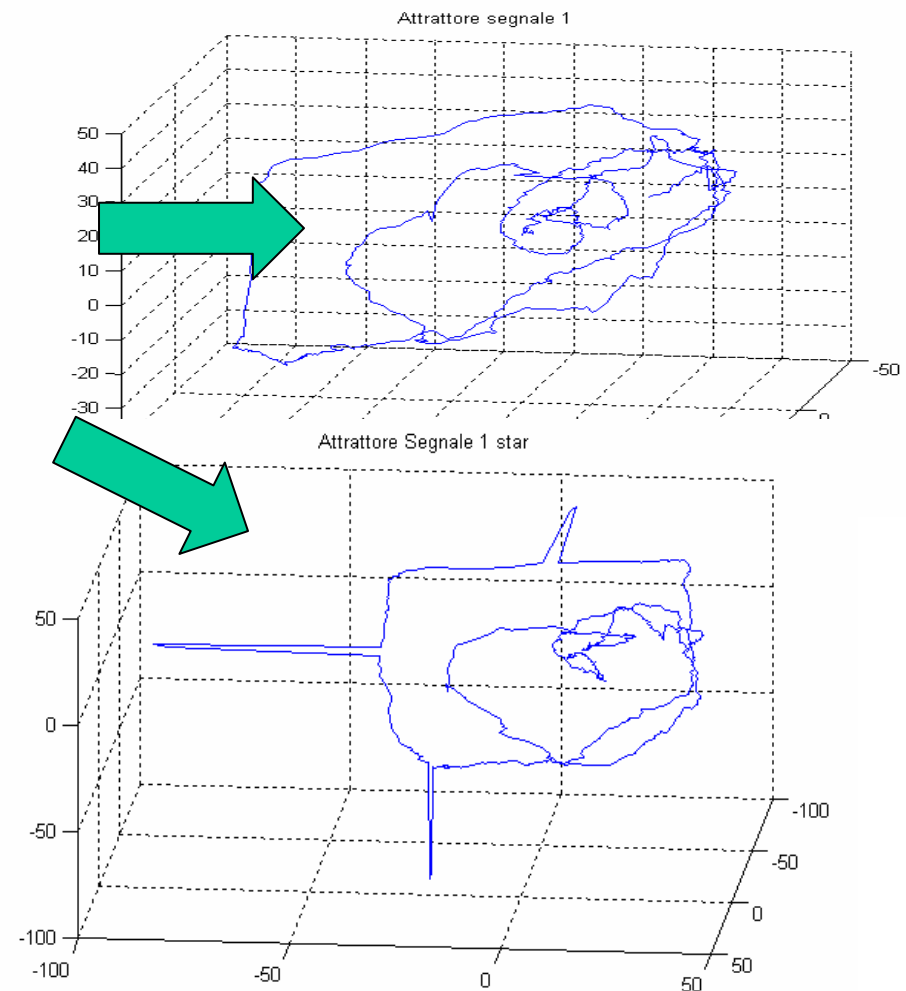
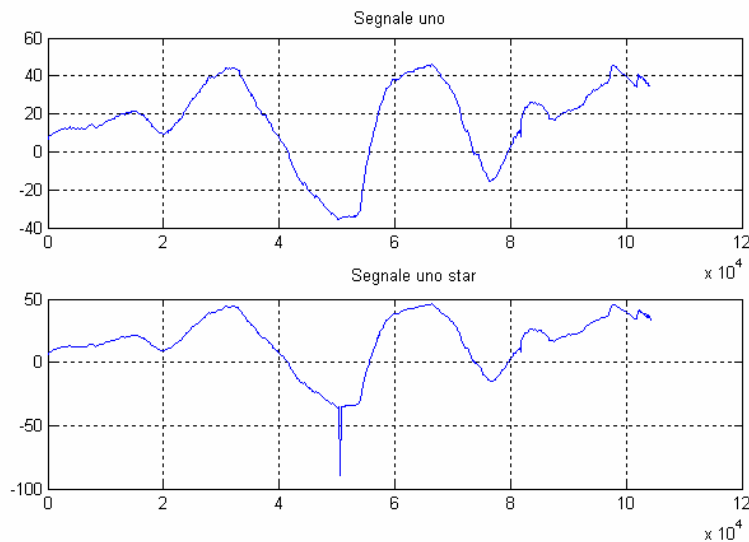
Violazione di Ergodicità e stazionarietà? wavelet continue?

[Praticò F.G., Nonstrictly-Ergodic Signals In Road Roughness Analyses: A Theoretical And Experimental Study, – II INTERNATIONAL CONGRESS - FLORENCE, OCTOBER, 27TH 29TH, 2004)]



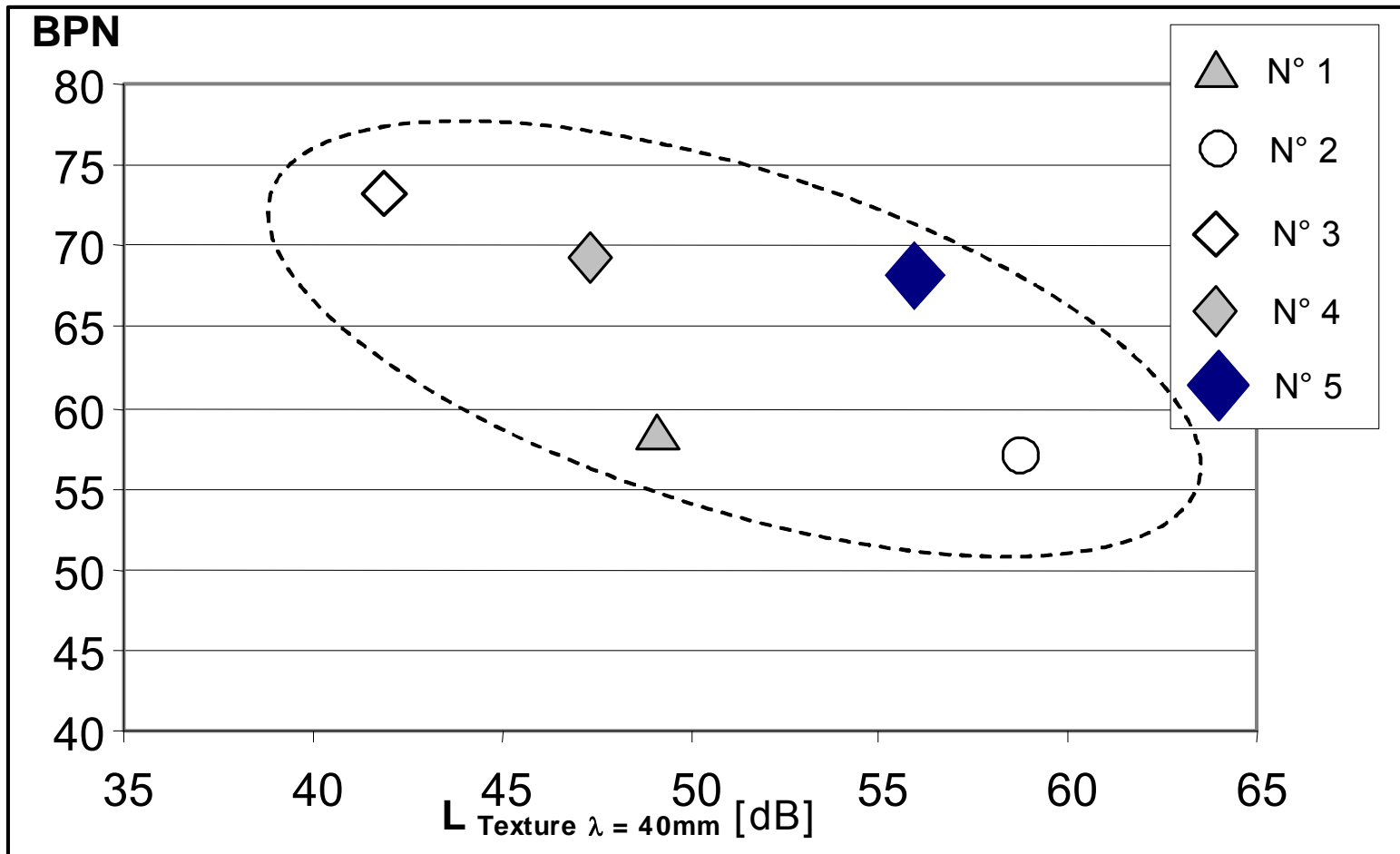
Violazione di Ergodicità e stazionarietà? Teoria del caos?

[FGPraticò, A theoretic and experimental study on Road signals analyses, V International conference of stochastic geometry, convex bodies an engineering applications, Mondello, 2004-09-09.]



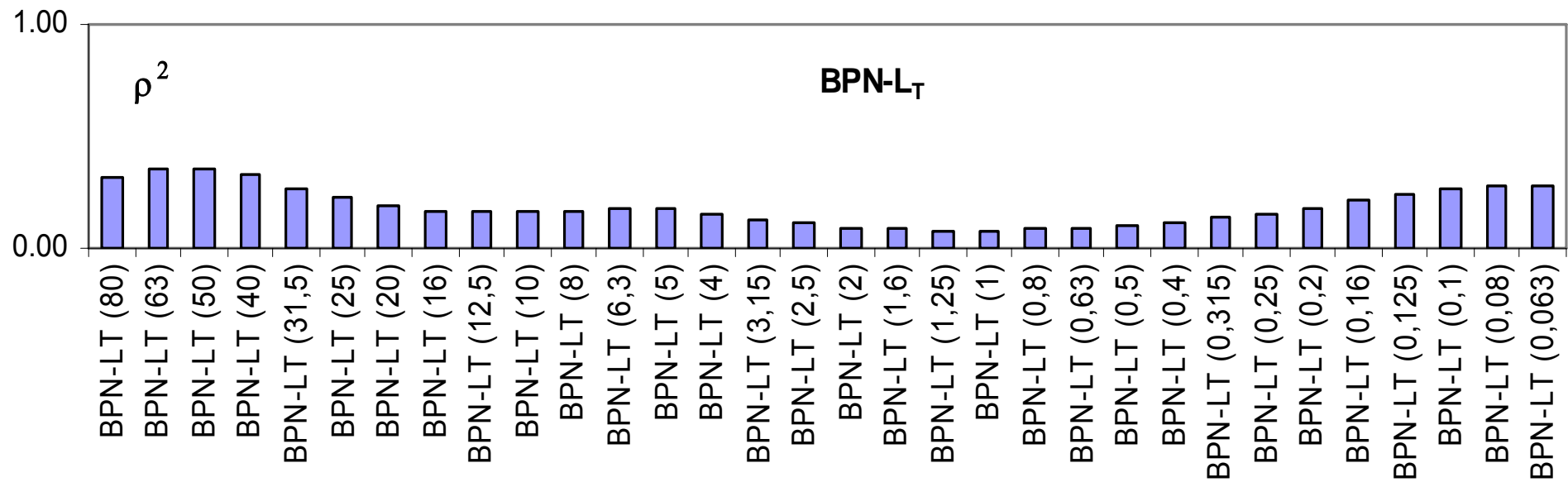
Tessitura ed attrito

[Boscaino G., Praticò F.G., vaiana R., *Spectral texture indicators significance in relation to flexible pavement surface performance, XXII PIARC World Road Congress, 19-25 Oct 2003, Durban*]



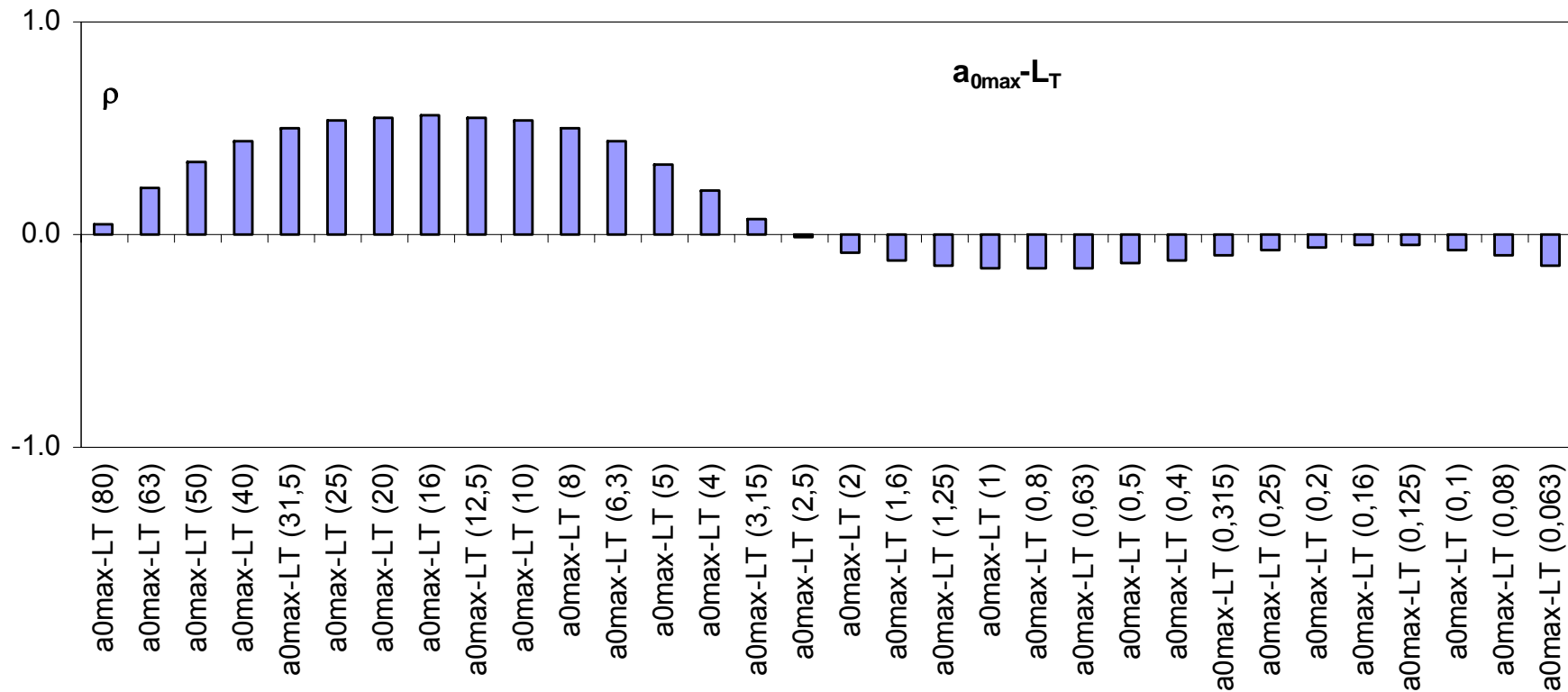
Tessitura ed attrito

[Boscaino G., Praticò F. G., Vaiana R., TYRE/ROAD NOISE ON DIFFERENT ROAD PAVEMENTS: SYNERGETIC INFLUENCE OF ACOUSTICAL ABSORBING COEFFICIENT AND SURFACE TEXTURE, Proceedings of 2005 EAEC European Automotive Congress and 10th EAEC European Automotive Congress. ISBN 86-80941-30-1CD Print: DADA, Belgrade, Kopernilova 9/11, JUMV 2005.]



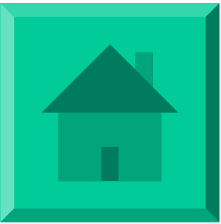
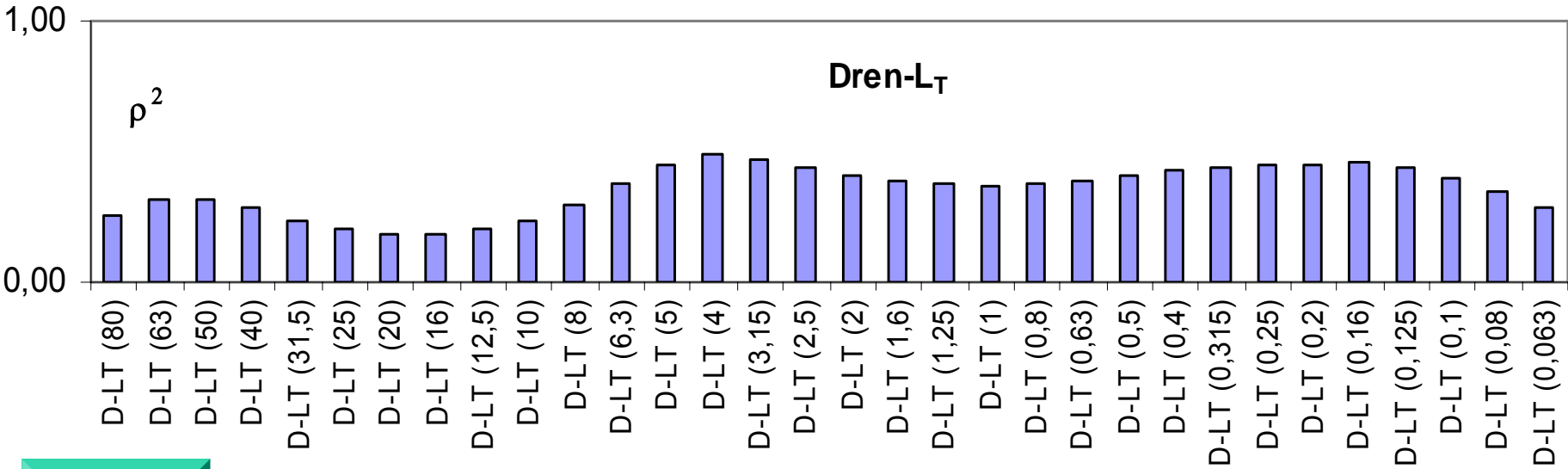
Assorbimento acustico in incidenza normale e tessitura

[Boscaino G., Praticò F. G., Vaiana R., TYRE/ROAD NOISE ON DIFFERENT ROAD PAVEMENTS: SYNERGETIC INFLUENCE OF ACOUSTICAL ABSORBING COEFFICIENT AND SURFACE TEXTURE, Proceedings of 2005 EAEC European Automotive Congress and 10th EAEC European Automotive Congress. ISBN 86-80941-30-1CD Print: DADA, Belgrade, Kopernilova 9/11, JUMV 2005.]



Tempi di deflusso e tessitura

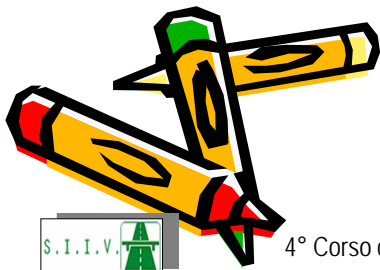
[Boscaino G., Praticò F. G., Vaiana R., TYRE/ROAD NOISE ON DIFFERENT ROAD PAVEMENTS: SYNERGETIC INFLUENCE OF ACOUSTICAL ABSORBING COEFFICIENT AND SURFACE TEXTURE, Proceedings of 2005 EAEC European Automotive Congress and 10th EAEC European Automotive Congress. ISBN 86-80941-30-1CD Print: DADA, Belgrade, Kopernilova 9/11, JUMV 2005.]



Regolarità - decadimenti



- **Definizione di massima.** Prestazione che concerne il confort di marcia e riguarda la difformità del profilo longitudinale teorico da quello reale, nel campo delle elevate lunghezze d'onda
- Pavement roughness is generally defined as an expression of irregularities in the pavement surface that adversely affect the ride quality of a vehicle (and thus the user). Roughness is an important pavement characteristic because it affects not only ride quality but also vehicle delay costs, fuel consumption and maintenance costs. The World Bank found road roughness to be a primary factor in the analyses and trade-offs involving road quality vs. user cost (UMTRI, 1998). Roughness is also referred to as "smoothness" although both terms refer to the same pavement qualities.



Irregolarità: dipendenza dal tempo

[Praticò F.G., Nonstrictly-Ergodic Signals In Road Roughness Analyses: A Theoretical And Experimental Study, – II INTERNATIONAL CONGRESS - FLORENCE, OCTOBER, 27TH 29TH, 2004]

Tra le tante equazioni concernenti l'evoluzione nel tempo si riportano le seguenti:

1. IRI	$IRI(t) = IRI_0 + 0,081 \cdot t^2 + 2,351 \cdot t;$ $\Delta IRI = 134 \exp(m \cdot t) YE4 (1 + SNK)^{-5} + 0,114 \Delta RDS + 0,0066 \Delta ACRX + 0,42 \Delta APOT + m IRI$ $\Delta IRI = \frac{134 \exp(m AGE3) YE4}{(1 + SNK)^5} + 0,114 \Delta RDS + 0,0066 \Delta ACRX + 0,42 \Delta APOT + m IRI_a ;$ $IRI MIN = MAX \{1, MIN[7,7, 0,36 D95(1 - 2,78 MG)]\};$ $IRI MAX = MAX [11,5, 21,5 - 32,4(0,5 - MGD)^2 + 0,017 CV - 0,76 RF MMP]$ $IRI AV = \frac{IRI MAX + (0,447 - 0,230 MGD)(1 - \exp(C BLFQ))(IRI MAX - IRI MIN)}{(1 - (0,553 + 0,230 MGD) \exp(C BLFQ)) C BLFQ}$ $C = -0,001(0,461 + 0,0174 ADL + 0,0114 ADH - 0,0287 ADT MMP)$ $dIRI = 0,016 + 0,0524 * IRI(t); dIRI = 0,036 + 0,0560 * IRI(t); dIRI = 0,016 + 0,0524 * IRI(t); dIRI = 0,036 + 0,0560 * IRI(t)$	(Smith et alia, 1997); (Tammirinne, 2002)
2. PSR	$PSR(t) = 5 - 0,24 \cdot t$	(Smith et alia, 1997)
3. PSI	$PSI(t) = 5 - 0,2 \cdot t$	(Smith et alia, 1997)
4. PCI	$PCI(t) = 100 - 3,5 \cdot t$	(Smith et alia, 1997)

Irregolarità: dipendenza dal tempo

[Praticò F.G., Nonstrictly-Ergodic Signals In Road Roughness Analyses: A Theoretical And Experimental Study, – II INTERNATIONAL CONGRESS - FLORENCE, OCTOBER, 27TH 29TH, 2004]

1. PCR	$PCR = 100 - \beta_1 t^{\beta_2}$; PCC: $PCR = 96.0 - 3.7(AGE)$; $PCR = 96.2 - 7.0 (AGE)$; $PCR = 99.1 - 0.9 (AGE)$; HMA: $PCR = 98.1 - 3.3 (AGE)$; $PCR = 98.6 - 3.8 (AGE)$; $PCR = 98.3 - 3.3 (AGE)$; $PCR = 98.0 - 3.3 (AGE)$; $PCR = 98.0 - 3.4 (AGE)$; $PCR = 99.5 - 2.0 (AGE)$; composite pavements: $PCR = 96.1 - 3.0 (AGE)$; $PCR = 96.1 - 3.8 (AGE)$ $PCR = 96.1 - 3.3 (AGE)$; $PCR = 96.1 - 3.3 (AGE)$; $PCR = 96.0 - 3.7 (AGE)$; $PCR = 99.6 - 3.3 (AGE)$;	[http://www.dot.state.oh.us/pavement/Pubs/Sect100.pdf <i>Pavement Deterioration Models]</i>
2. RN	$RN(Y_2) = (RN(Y_1)e^{(0.0153(t_2-t_1))}) + (5.7(1+SNC)(-4.99)EDA(t_2-t_1))e^{(0.0153t_2)}$	(Patrick, 2003)
3. RCI	$RCI_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(RCI_0) + \beta_2 \cdot \ln(t^2 + 1) + \beta_3 \cdot t + \beta_4 \cdot t \cdot \ln(RCI_0) + \beta_5 \cdot \Delta t$	

Irregolarità: dipendenza dal tempo

[Praticò F.G., Nonstrictly-Ergodic Signals In Road Roughness Analyses: A Theoretical And Experimental Study, – II INTERNATIONAL CONGRESS - FLORENCE, OCTOBER, 27TH 29TH, 2004]

<p>1. RDM</p>	$RDM = Krp \frac{39800(YE4 \cdot 10^6)^{ERM}}{SNC^{0.502} COMP^{2.30}} ;$ $\Delta RDM = Krp RDM \left(\frac{0.166 + ERM}{AGE3} + 0.0219 MMP \Delta CRX \ln(\max(1, AGE3YE4)) \right)$ <p>where: $ERM = 0.09 - 0.0009 RH + 0.0384 DEF + 0.00158 MMP CRX ;$</p> $Krp = \frac{GeomAverage [ORDM_j]}{GeomAverage [PRDM_j]} \quad or \quad Krp = \frac{SUM [\log(ORDM_j)]}{SUM [\log(PRDM_j)]}$
<p>2. Ruts, RDS</p>	$RDS = Krp \frac{4390 \Delta RDM^{0.532} (YE4 \cdot 10^6)^{ERS}}{SNC^{0.422} COMP^{1.66}} ;$ $\Delta RDS = Krp RDS \left(\frac{0.532 + \Delta RDM}{RDM} + \frac{ERS}{AGE3} + 0.0519 MMP \Delta CRX \ln(\max(1, AGE3YE4)) \right)$ <p>where: $ERS = -0.0086 RH + 0.00115 MMP CRX$</p> $Krp = \frac{Geom. Average [ORDS_j]}{Geom. Average [PRDS_j]} \quad or \quad Krp = \frac{SUM [\log(ORDS_j)]}{SUM [\log(PRDS_j)]}$

Irregolarità: dipendenza dal tempo

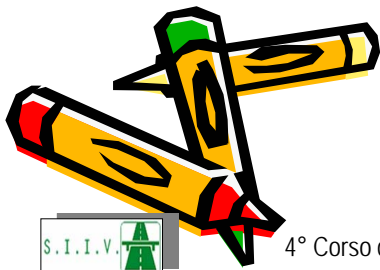
[Praticò F.G., Nonstrictly-Ergodic Signals In Road Roughness Analyses: A Theoretical And Experimental Study, – II INTERNATIONAL CONGRESS - FLORENCE, OCTOBER, 27TH 29TH, 2004]

<p>1. RI</p>	$RI_t = 0.98 \exp(m AGE3) RI_0 + \frac{135 NE4_t}{(1 + SNK)^5} + 0.143 RDS_t + 0.0068 ACX_t + 0.056 APAT_t$ $RI_t = 1.04 \exp(m AGE3) \left[RI_0 + \frac{263 NE4_t}{(1 + SNK)^5} \right];$ $RI_a = RI_b + \max\{0, \max[0.3(5.4 - RI_b), 0.5]\} - 0.0066 ACX$ $RI_a = 3.85 - \frac{\min(H, 80) + \min(H, 40)}{52} + \frac{28 \max(RI_b - 3.85)}{\max(H, 28)}$	
--------------	--	--



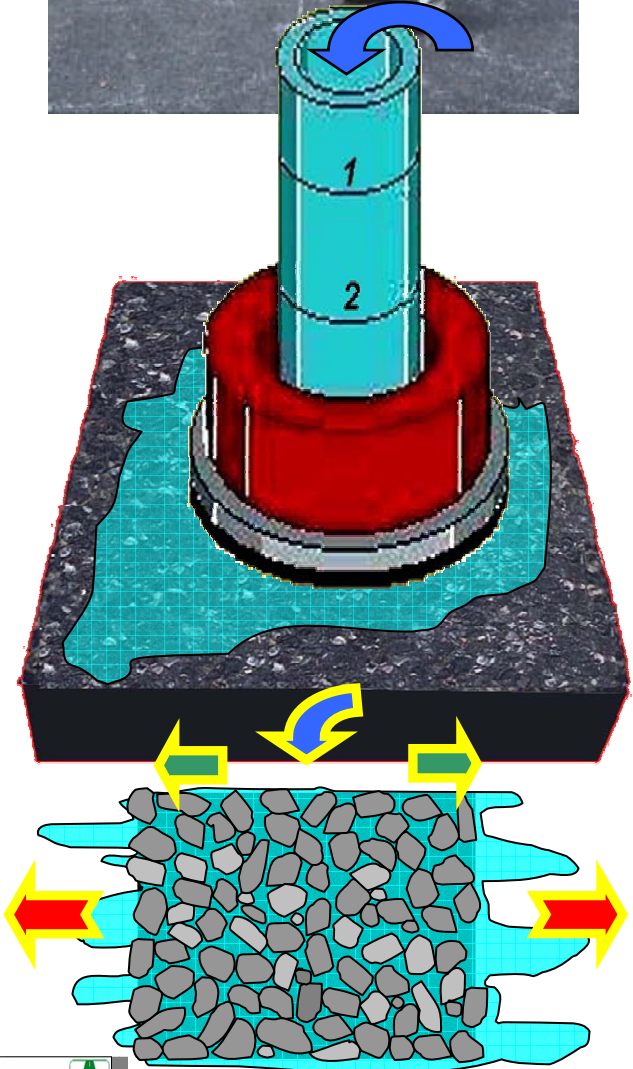
Permeabilità e drenabilità

[F.G. Praticò, A. Moro, Hot Mix Asphalts Drainability and Permeability: a Theoretical and Experimental Investigation on four different Devices, 10th International Conference on Asphalt Pavements -Canada - August 15, 2006]



Percolation processes

[F.G. Praticò, A. Moro, Hot Mix Asphalts Drainability and Permeability: a Theoretical and Experimental Investigation on four different Devices, 10th International Conference on Asphalt Pavements –Canada – August 15, 2006]



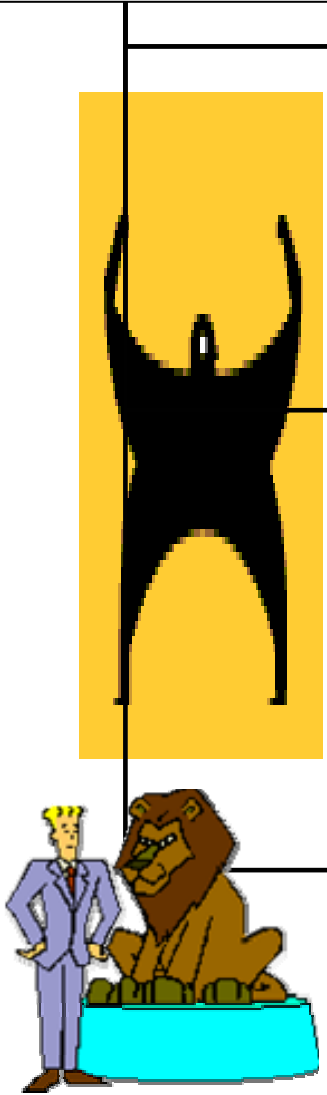
Pavement durability



Surface performance

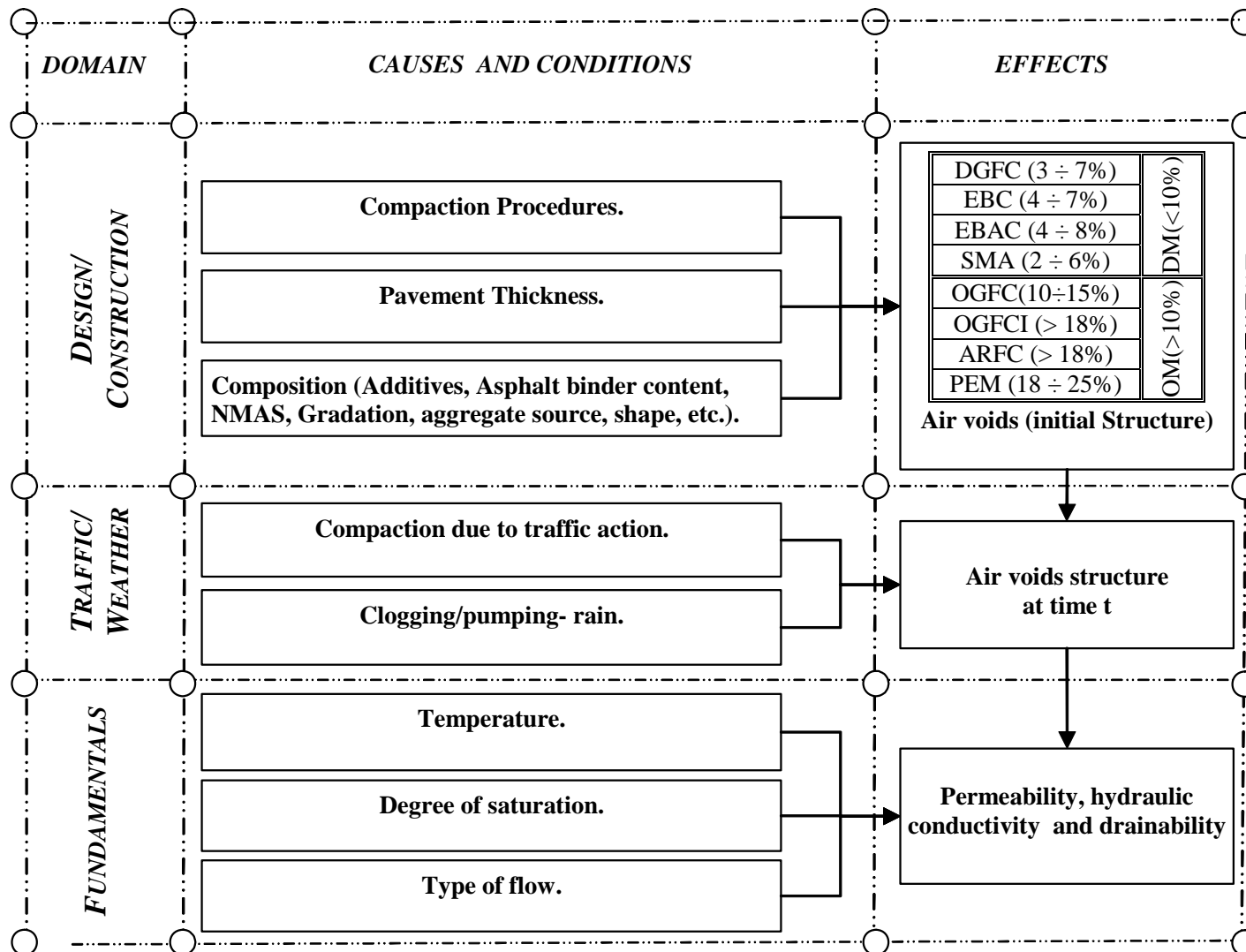


Road/Airport safety



Drenabilità, permeabilità: Variabili

[F.G. Praticò, A. Moro, Hot Mix Asphalts Drainability and Permeability: a Theoretical and Experimental Investigation on four different Devices, 10th International Conference on Asphalt Pavements – Canada – August 15, 2006]



Drenabilità, permeabilità: modellazione teorica

A:
PAV.EV

[F.G. Praticò, A. Moro, Hot Mix Asphalts Drainability and Permeability: a Theoretical and Experimental Investigation on four different Devices, 10th International Conference on Asphalt Pavements –Canada – August 15, 2006]

Continuity equation

$$\partial_i \theta_i + \vec{\nabla} \cdot \vec{q}_i + \Gamma_i = 0$$

$$\frac{\partial \theta_w}{\partial t} = -\vec{\nabla} \cdot (\theta_w \vec{v}_w) - \lambda_w$$

$$\theta_w \vec{v}_w = \vec{q}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\vec{\nabla} \cdot \vec{q} = -\text{div } \vec{q}$$

$$\frac{\partial(\gamma_w \theta)}{\partial t} = -\left[\frac{\partial(\gamma_w q_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\gamma_w q_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\gamma_w q_z)}{\partial z} \right]$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\left[\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right]$$

New Model

$$\Delta t = \frac{D_c}{H_c}$$

Darcy's law (~low flow rates ~ flow is laminar)

$$\vec{q} = -K \vec{\nabla} (h + z)$$

$$\theta_w \vec{v}_w = -K \vec{\nabla} h - K \vec{\nabla} z$$

$$h = \frac{p_w - p_g}{\gamma_w g} = \frac{p_c}{\gamma_w g}$$

$$\theta_w \vec{v}_w = -K \vec{\nabla} H$$

$$\theta_w \vec{v}_w = -D \vec{\nabla} \theta_w - K \vec{\nabla} z$$

$$\theta_w \vec{v}_w = -\vec{\nabla} \phi - K \vec{\nabla} z$$

$$H = h + z; D = K \frac{dh}{d\theta_w}$$

$$\vec{\nabla} = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z} \text{ (del or nabla operator)}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right]$$

$$C(h) = \frac{d\theta}{dh}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \vec{\nabla} K_{Lh}(h) \cdot \vec{\nabla} h + \frac{\partial K_{Lh}(h)}{\partial z}$$

Legend

ϕ : matrix flux potential [L²T⁻¹];
 θ : volumetric water content (dimensionless); h : capillary pressure head [L]; λ_w or Γ_i : sink term [s⁻¹], uptake of water by plant roots;
 γ_w : water density [ML⁻³]; $C(h)$: asphalt water capacity [L⁻¹];
 D : diffusivity [L²T⁻¹]; H : total head [L]; k_w , K : hydraulic conductivity [LT⁻¹]; p_c : capillary pressure; p_w : pressure of the aqueous phase; p_g : pressure of the gaseous phase; q : specific flux (units of velocity) [LT⁻¹]; t : time [T]; v : groundwater velocity (units of velocity) [LT⁻¹]; z : vertical coordinate opposite to gravitational direction [L]; Δt : outflow time [T]; D_c : Device Coefficient [L]; H_c : Hot Mix Asphalt Coefficient [LT⁻¹]

Drenabilità, permeabilità: modellazione teorica

[F.G. Praticò, A. Moro, Hot Mix Asphalts Drainability and Permeability: a Theoretical and Experimental Investigation on four different Devices, 10th Int. Conference on Asphalt Pavements –Canada 06]

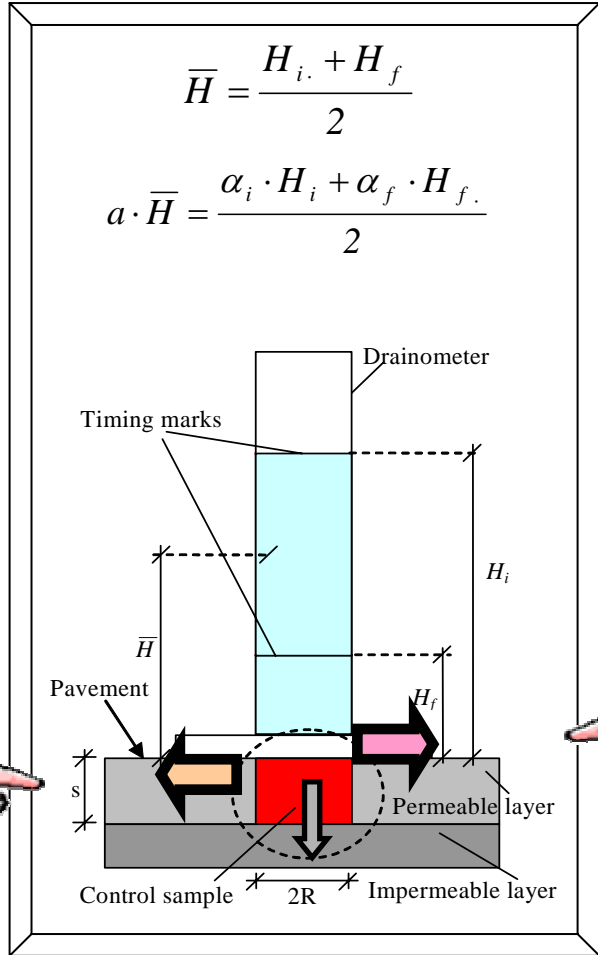
$$Q_P(t) = S_{Leff} \cdot \bar{v}_p(t) \cong$$

$$\cong S_L \cdot n_{eff} \cdot \bar{v}_p(t) \cong$$

$$\cong 2 \cdot \pi \cdot R \cdot s \cdot n_{eff} \cdot \bar{v}_p(t)$$

$$\bar{v}_p(t) = \frac{\alpha_f \cdot H_f - \alpha_i \cdot H_i}{\Delta t} t + \alpha_i \cdot H_i$$

Flow rate $Q_P(t)$ that flows through the pores of the control sample at the time t



$$Q_S(t) = S_S \cdot \bar{v}_s(t) \cong$$

$$\cong b_1 \cdot MPD \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \bar{v}_s(t)$$

$$\bar{v}_s(t) = \frac{\beta_f \cdot H_f - \beta_i \cdot H_i}{\Delta t} t + \beta_i \cdot H_i$$

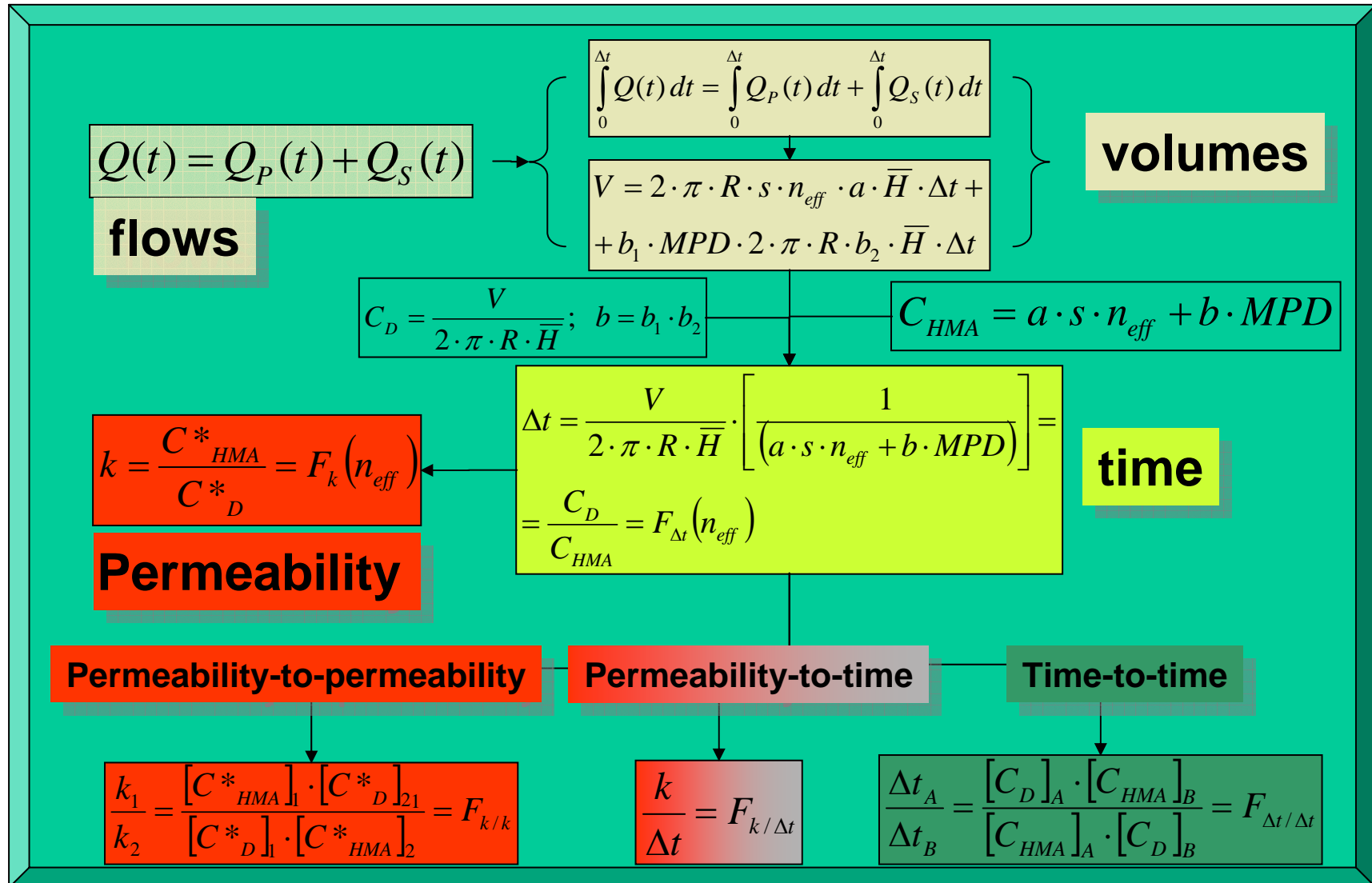
$$b_2 \cdot \bar{H} = \frac{\beta_i \cdot H_i + \beta_f \cdot H_f}{2}$$

Surface flow rate $Q_S(t)$ at the time t.

Vertical flow rate at the time t, $Q_V(t) \cong 0$

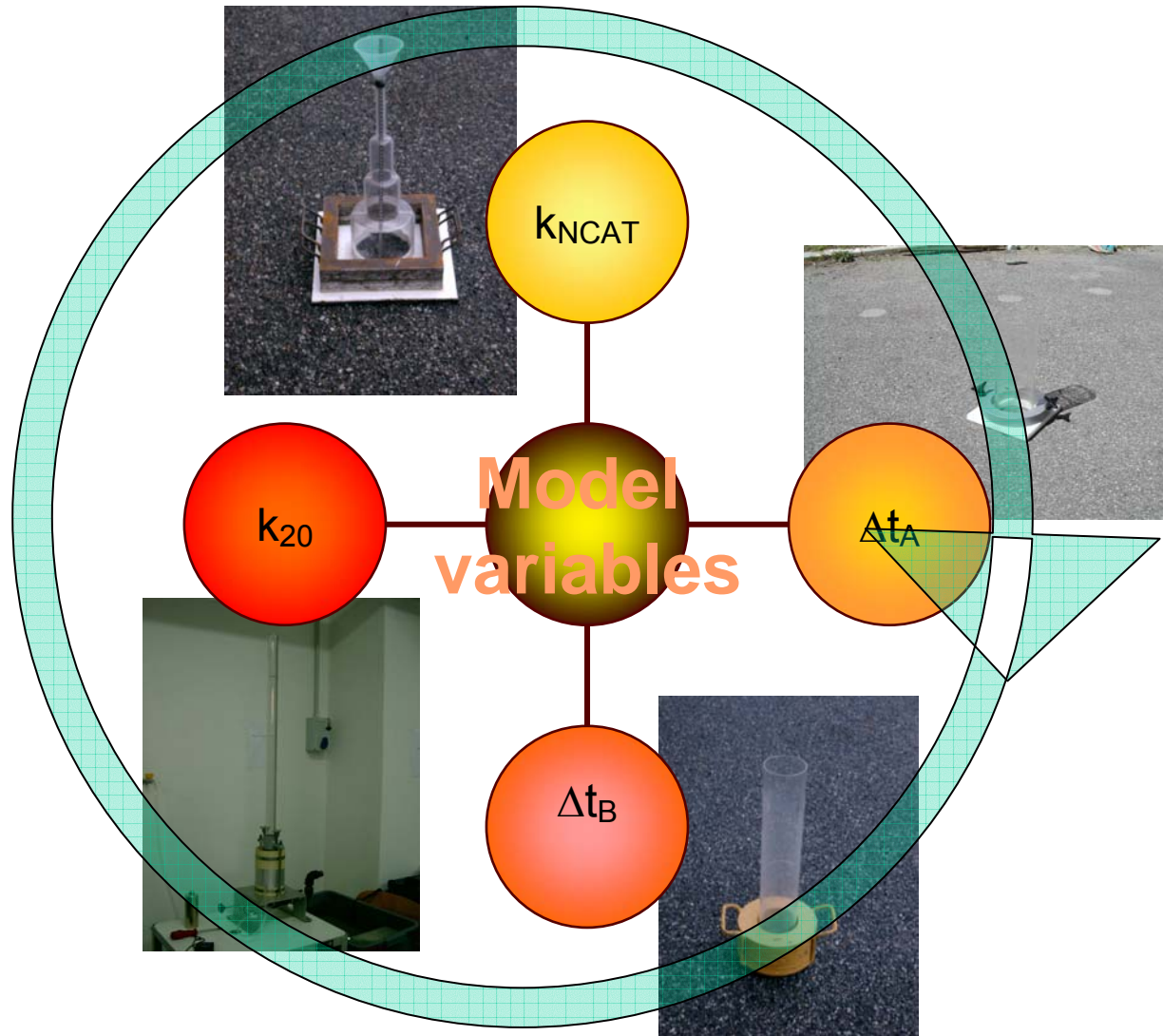
Drenabilità, permeabilità: modellazione teorica

[F.G. Praticò, A. Moro, Hot Mix Asphalts Drainability and Permeability: a Theoretical and Experimental Investigation on four different Devices, 10th Int. Conference on Asphalt Pavements –Canada 06]

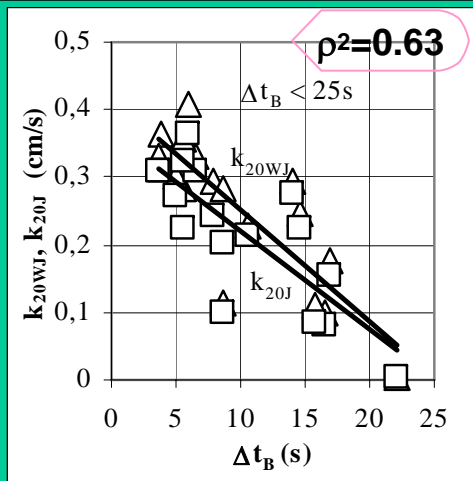


Drenabilità, permeabilità: Strumentazioni

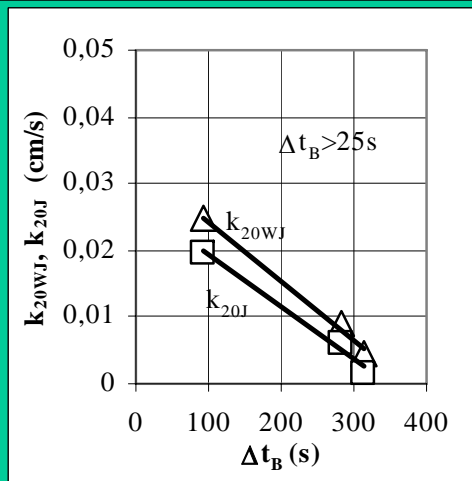
[F.G. Praticò, A. Moro,
Hot Mix Asphalts
Drainability and
Permeability: a
Theoretical and
Experimental
Investigation on four
different Devices, 10th
International
Conference on Asphalt
Pavements –Canada
– August 15, 2006]



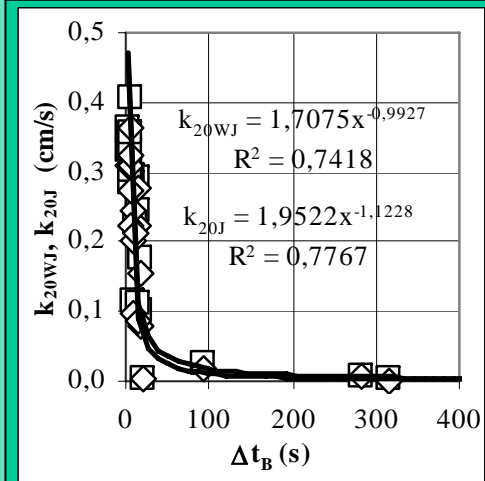
Legami correlativi 1/2



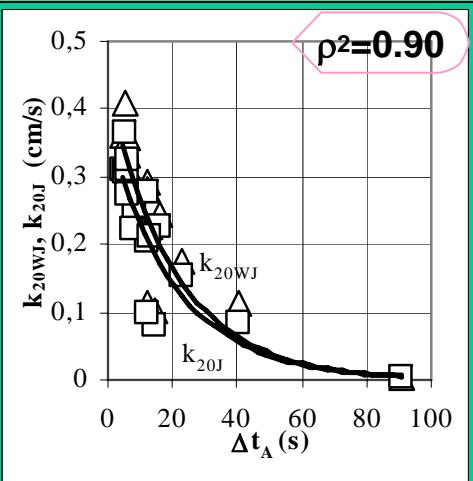
Δt_B versus k_{20}



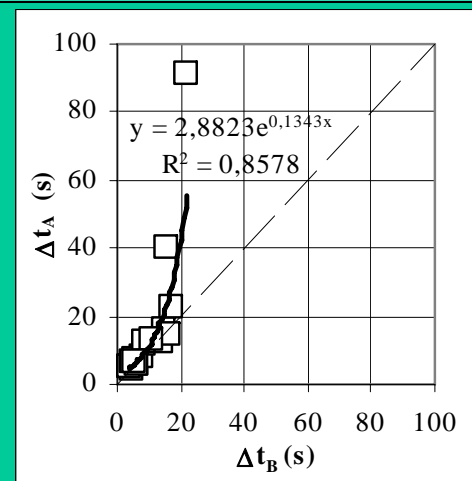
Δt_B versus k_{20}



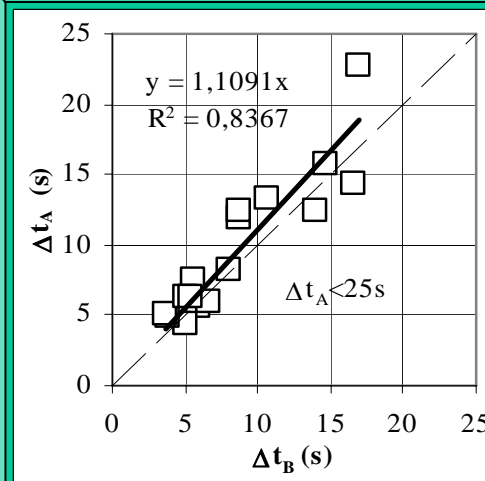
Δt_B versus k_{20}



Δt_A versus k_{20}

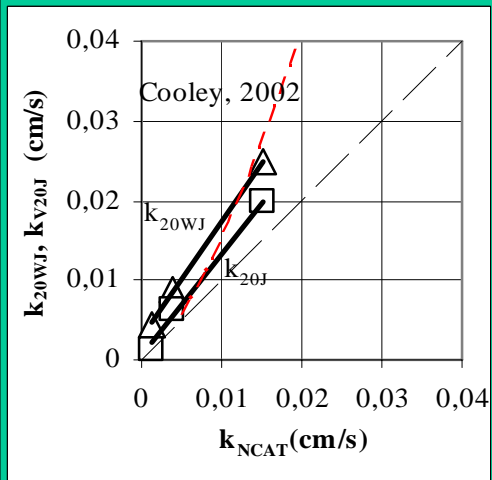


Δt_B versus Δt_A

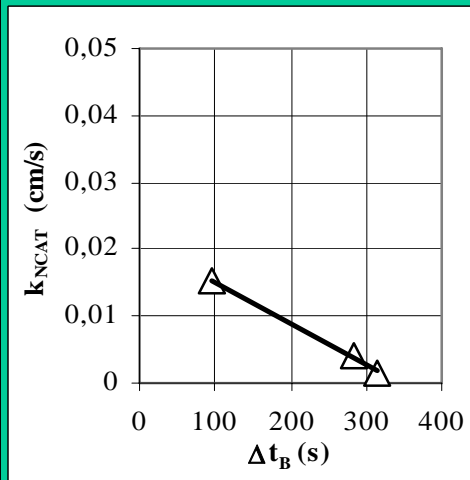


Δt_B versus Δt_A

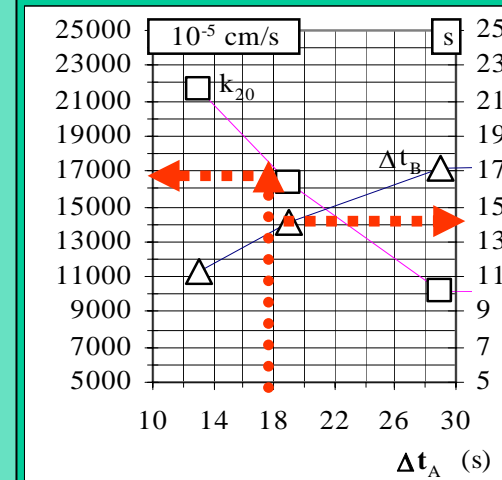
Legami correlativi 2/2



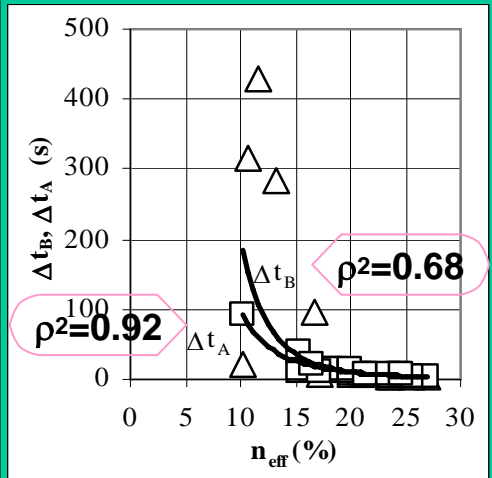
k_{NCAT} versus k_{20}



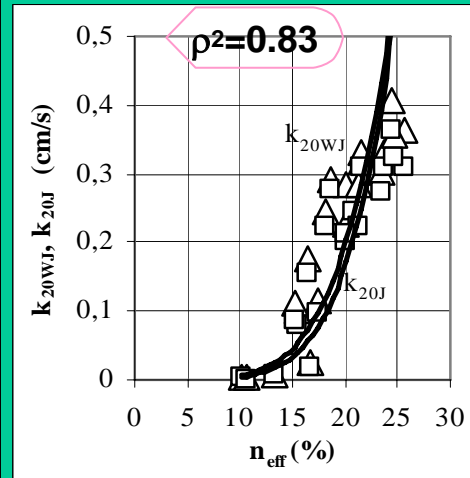
Δt_B versus k_{NCAT}



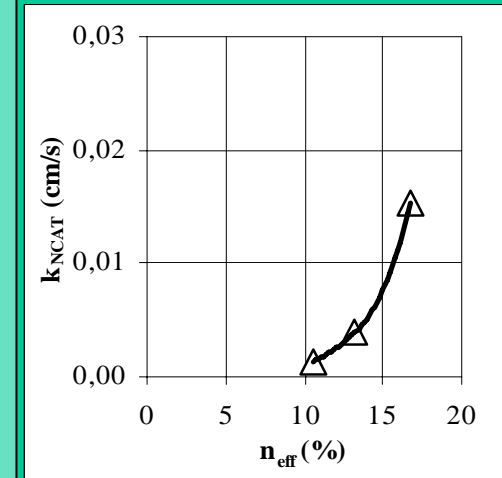
Tentative thresholds



n_{eff} versus Δt



n_{eff} versus k_{20}



n_{eff} versus k_{NCAT}



Degradi superficiali (Surface distress)

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide].

DEFINIZIONE:

Surface distress is "Any indication of poor or unfavorable pavement performance or signs of impending failure; any unsatisfactory performance of a pavement short of failure" (Highway Research Board, 1970).

Classificazione di massima:

•Fratture

Fracture. This could be in the form of cracking (in flexible and rigid pavements) or spalling resulting from such things as excessive loading, fatigue, thermal changes, moisture damage, slippage or contraction.

•Distorsioni

Distortion. This is in the form of deformation (e.g., rutting, corrugation and shoving), which can result from such things as excessive loading, creep, densification, consolidation, swelling, or frost action.

•Disintegrazioni

Disintegration. This is in the form of stripping, raveling or spalling, which can result from such things as loss of bonding, chemical reactivity, traffic abrasion, aggregate degradation, poor consolidation/compaction or binder aging.



Degradi superficiali (Surface distress)

Fessurazioni - Fatigue (Alligator) Cracking

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide].



Bad fatigue cracking



Fatigue cracking from frost action;



Fatigue cracking from edge failure.

Degradi superficiali (Surface distress)

A:
PAV.EV

Fessurazioni - Fatigue (Alligator) Cracking

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide].

Fessurazioni - Fatigue (Alligator) Cracking: Fessurazioni interconnesse da fatica. Per pavimentazioni sottili, tipologia prevalente: bottom-up (classical). Tipologia prevalente per pavimentazioni spesse: top-down cracking (high localized tensile stresses resulting from tire-pavement interaction and asphalt binder aging).

Problema: Decadimento strutturale, infiltrazione delle acque, evoluzione in buche.

Possibili Cause: a) strati inferiori inadeguati: a1) Loss of base, subbase or subgrade support (e.g., poor drainage or spring thaw resulting in a less stiff base); a2) Stripping on the bottom of the HMA layer (the stripped portion contributes little to pavement strength so the effective HMA thickness decreases); b) Carichi - Increase in loading (e.g., more or heavier loads than anticipated in design); c) Progetto Inadequate structural design; d) Esecuzione - Poor construction (e.g., inadequate compaction); d) umidità strati inferiori - subsurface moisture.

Rimedi: 1) Rimoz./Ricostruzione localizzata. *Small, localized fatigue cracking indicative of a loss of subgrade support:* Remove the cracked pavement area then dig out and replace the area of poor subgrade and improve the drainage of that area if necessary. Patch over the repaired subgrade. 2) Tappetone. *Large fatigue cracked areas indicative of general structural failure.* Place an HMA overlay over the entire pavement surface. This overlay must be strong enough structurally to carry the anticipated loading because the underlying fatigue cracked pavement most likely contributes little or no strength (Roberts et. al., 1996).

Degradi superficiali - Essudazioni bituminose superficiali- Bleeding

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide].



BST bleeding in wheelpaths



BST bleeding in wheelpaths



HMA bleeding from over-asphalting

N.B. BST=Bituminous Surface Treatments (seal coat or chip seal)

Degradi superficiali - Essudazioni bituminose superficiali- Bleeding

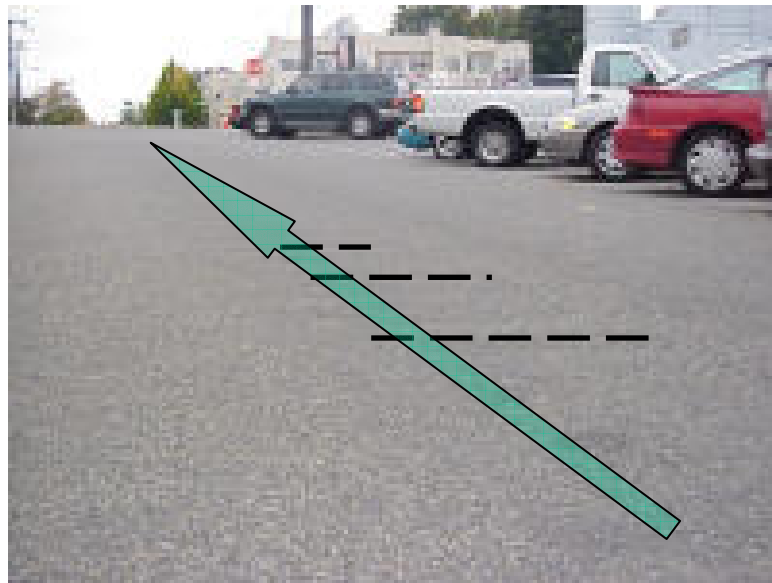
[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide].

- **Essudazioni bituminose superficiali- Bleeding:** presenza film bituminoso su superficie, usualmente lucido, sovente scivoloso.
- **Problema associato:** diminuzione resistenza attrito sul bagnato.
- **Possibili Cause:** deriva dal riempimento vuoti e successiva essudazione (non reversibile) in stagione calda, con possibilità di accumuli successivi. Cause possibili sono quindi: 1) eccesso bitume; 2) eccesso di emulsione nel caso di trattamenti superficiali (BST); 3) ridotta percentuale vuoti residui.
- **Rimedi (riduzione effetti):** a) essudazione ridotta: applicazione sabbione - Minor bleeding can often be corrected by applying coarse sand to blot up the excess asphalt binder; b) essudazione consistente: fresatura/livellatura - Major bleeding can be corrected by cutting off excess asphalt with a motor grader or removing it with a heater planer. If the resulting surface is excessively rough, resurfacing may be necessary (APAI, no date given); c) altre tecniche specifiche perimentali.

Degradi superficiali - *Corrugamenti ed “onde” superficiali - Corrugation and Shoving*

A:
PAV.EV

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]



Degradi superficiali (Surface distress)

Corrugamenti ed “onde” superficiali - Corrugation and Shoving

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Corrugamenti ed “onde” superficiali - Corrugation and Shoving: distorsioni con corrugamenti e/o onde isolate - A form of plastic movement typified by ripples (corrugation) or an abrupt wave (shoving) across the pavement surface. The distortion is perpendicular to the traffic direction. Usually occurs at points where traffic starts and stops (corrugation) or areas where HMA abuts a rigid object (shoving).

Problema associato: comporta un locale peggioramento della regolarità.

Possibili Cause: usualmente causati da partenza/frenata (starting and stopping) in combinazione con: a) instabilità miscela - An unstable (i.e. low stiffness) HMA layer (caused by mix contamination, poor mix design, poor HMA manufacturing, or lack of aeration of liquid asphalt emulsions); b) eccesso umidità nel sottofondo (? - Excessive moisture in the subgrade).

Rimedi: 1) aree localizzate (Small, localized areas of corrugation or shoving): rimozione e rappizzo (Remove the distorted pavement and patch); 2) vaste aree (Large corrugated or shoved areas indicative of general HMA failure): rimozione e tappetino (Remove the damaged pavement and overlay).

Degradi superficiali (Surface distress)

depressioni- Depression

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide].

Depressioni- Depression : depressioni superficiali, ben visibili dopo le piogge per effetto dei ristagni..

Problemi associati: Irregolarità, ristagni, hydroplaning.

Possibili Cause: rigonfiamenti da ghiaccio o cedimenti in sottofondo risultanti da inadeguata compattazione in fase costruttiva.



Rimedi: si tratta per definizione di aree localizzate. Risulta necessario indagare sulle cause (rigonfiamento da ghiaccio/cedimento), rimuovere/sostituire il sottofondo ammalorato, effettuare il rappezzo.

Degradi superficiali- *Fessurazioni in giunto- Joint Reflection Cracking*

A:
PAV.EV

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide].

Description: fessurazioni in strato flessibile su pavimentazione rigida, in corrispondenza ai sottostanti giunti in pav. Rigida. Il fenomeno Joint reflection cracking non include le fessurazioni indotte dalla sottostante piastra non in giunto né quelle indotte da altri strati di base (e.g., cement or lime stabilized).

Problema associato: Infiltrazioni di umidità, irregolarità.

Possibili Cause: movimenti nella sottostante piastra in calcestruzzo, da ascrivere a gradienti termici e cambi di umidità. Non indotti da carichi, sono purtuttavia accelerati dagli stessi.



Rimedi: in relazione al livello di ammaloramento ed alla relativa estensione: 1) *Low severity cracks (< 1/2 inch wide and infrequent cracks)*: sigillatura contro le infiltrazioni e gli sgranamenti agli angoli. 2) *High severity cracks (> 1/2 inch wide and numerous cracks)*: rimozione e rifacimento del tappeto flessibile.

Degradi superficiali (Surface distress)

A:
PAV.EV

Fessurazione a blocchi - Block Cracking

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Fessurazione a blocchi - Block Cracking: fessurazione della superficie a blocchi di lato pari a 30 cm-3m. NB: qualora di dimensioni maggiori sono classificati generalmente come longitudinal and transverse cracking. Può avvenire anche solo su aree non soggette a traffico.

Problema associato: consente l'infiltrazione dell'acqua e comporta irregolarità.

Possibili Cause: ritiro e cicli termici su legante non in grado di sopportarli, per effetto di: 1) invecchiamento - Asphalt binder aging; o/e 2) inadeguatezza - Poor choice of asphalt binder in the mix design.



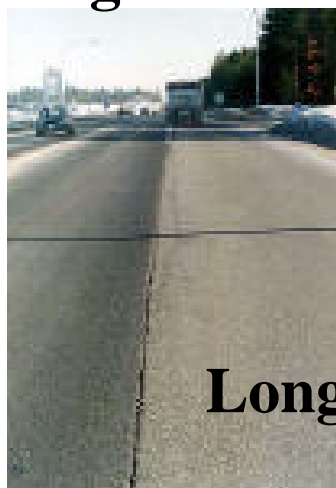
Rimedi: ridotta gravità (Low severity cracks (< 1/2 inch wide)): sigillature - Crack seal to prevent (1) entry of moisture into the subgrade through the cracks and (2) further raveling of the crack edges. HMA can provide years of satisfactory service after developing small cracks if they are kept sealed (Roberts et. al., 1996). Elevata gravità (High severity cracks (> 1/2 inch wide and cracks with raveled edges)): rimozione e sostituzione dello strato ammalorato (Remove and replace the cracked pavement layer with an overlay).

Degradi superficiali - *Fessurazioni longitudinali - Longitudinal Cracking*

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]



Longitudinal cracking as the onset of fatigue cracking



Longitudinal cracking from poor joint construction

Degradi superficiali - *Fessurazioni longitudinali - Longitudinal Cracking*

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Fessurazioni longitudinali - Longitudinal Cracking: fessurazioni parallele alla direzione di stesa od alla direzione di marcia. Si tratta usualmente di fessurazione da fatica.

Problemi associati: infiltrazione di umidità, irregolarità, innesco di fessurazioni a pelle di cocodrillo, crisi strutturale.

Possibili Cause: 1) inadeguata ubicazione/costruzione dei giunti (non sufficientemente lontano dalle orme veicoli). 2) fessure da risalita da strati sottostanti (esclusi i joint reflection cracking); 3) affaticamento conglomerato bituminoso; 4) fessurazione del tipo top-down cracking.

Rimedi: in relazione alla gravità ed all'estensione: 1) *Low severity cracks (< 1/2 inch wide and infrequent cracks): sigillatura* Crack seal to prevent entry of moisture into the subgrade through the cracks and further raveling of the crack edges. HMA can provide years of satisfactory service after developing small cracks if they are kept sealed (Roberts et. al., 1996); 2) *High severity cracks (> 1/2 inch wide and numerous cracks): rimozione e sostituzione* (Remove and replace the cracked pavement layer with an overlay).

Degradi superficiali (Surface distress)

Rappezzi - Patching

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Rappezzi - Patching: An area of pavement that has been replaced with new material to repair the existing pavement. A patch is considered a defect no matter how well it performs.

Problema associato: irregolarità.

Possibili Cause: a) rappezzo previa rimozione (per degradazioni precedentemente individuate); b) rappezzo per scavi trincee.

Rimedi: le ricariche sono esse stesse un rimedio, cui è possibile ulteriormente rimediare tramite tappetino strutturale o non strutturale.



Degradi superficiali (Surface distress)

Levigatura aggregati- Polished Aggregate

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Levigatura aggregati - Polished Aggregate:

Problema associato: minore resistenza all'attrito;

Possibili Cause: azione traffico con concomitante più o meno ridotta resistenza all'abrasione e/o battistrada chiodato/aggressivo.

Rimedi: Applicazione di slurry seal ad elevata resistenza all'attrito o trattamento superficiale (BST) o tappetino (overlay).



SMA's at the NCAT test track

Degradi superficiali (Surface distress)

Buche - *Potholes*

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Buche - *Potholes* : spesso caratterizzate da contorni appuntiti, sono più frequenti nelle pavimentazioni in cui i
neri abbiano uno spessore complessivo ridotto (25 to 50 mm).

Problemi associati: irregolarità, infiltrazione acque

Possibili Cause: sono spesso la fase terminale di una fessurazione a pelle di cocodrillo.

Rimedi: rappezzi!

Pothole from fatigue cracking



Degradi superficiali (Surface distress)

Sgranamento in superficie - Raveling

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]



Raveling due to low density



Raveling from snowplot operations



From segregation

Degradi superficiali (Surface distress)

A:
PAV.EV

Sgranamento in superficie - Raveling

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Sgranamenti-raveling: progressiva disintegrazione dall'alto verso il basso quale esito di molte singole dislocazioni granulari.

Problema associato: presenza di grani sulla pavimentazione, irregolarità, accumuli d'acqua con conseguenti problemi di hydroplaning e perdita di attrito.

Possibili Cause: A) perdita di legame aggregato-legante per effetto di A1) grani sporchi; A2) segregazione aggregati. A3) compattazione inadeguata; B) Sgranamento per azione meccanica aggressiva da parte di pneumatici chiodati, lame spazzaneve, o similari.

Rimedi: 1) sgranamento ridotto e localizzato: rimozione e rappezzo; 2) sgranamento esteso sintomatico di crisi strutturale: rimozione e tappetino

Degradi superficiali (Surface distress)

Ormaiamento- Rutting

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]



Mix rutting



Mix rutting



Rutting from mix instability

Degradi superficiali (Surface distress)

A:
PAV.EV

Ormaiamento- Rutting

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Ormaiamento - Rutting: depressione in orma pneumatico, con possibilità di rigonfiamento/rifluimento a latere.

Ben evidenti a fine pioggia possono essere di due tipi: dovute alla miscela bituminosa (problemi di compattazione/progetto miscela) o/e dovute al sottofondo.

Problemi associati: hydroplaning, problemi in direzionamento veicolare/moto/ciclistico

Possibili Cause: 1) insufficiente compattazione miscela bituminosa; 2) sovrastruttura inadeguata (Subgrade rutting); 3) progetto miscela inadeguato (eccesso di bitume, angolarità fino/grosso, contenuto inadeguato/eccessivo filler. NB: le ormaie da disintegrazione/dislocazione dei grani per effetto pneumatici aggressivi sono raveling-sgranamento e non rutting-ormaiamento!

Rimedi: a) ormaie rodote (<1cm c.a): monitoraggio: b) ormaie profonde: rimozione/livellamento e tappetino.

Degradi superficiali - *Fessurazioni da decelerazione/frenatura- Slippage Cracking*

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]



Slippage cracking at a bus stop

Degradi superficiali - *Fessurazioni da decelerazione/frenatura- Slippage Cracking*

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Fessurazioni da decelerazione/frenatura- Slippage Cracking:
fessurazioni a mezzaluna, sovente con le due punte nella direzione del traffico.

Problema associato: infiltrazione di acqua, irregolarità.

Possibili Cause: a) azione di frenatura o sterzata in combinazione con ridotta resistenza miscela o/e insufficiente legame interstrato.

Rimedi: Rimozione e sostituzione.

Degradi superficiali (Surface distress)

Spogliamento- Stripping

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]



Core hole showing stripping at the bottom



Fatigue failure from stripping; this photo shows the surface effects of underlying stripping.

Stripping at bottom of hole



Degradi superficiali (Surface distress)

Spogliamento- Stripping

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Spogliamento-Stripping: perdita di legame aggregati-bitume; tipicamente ha avvento in intradosso strato per poi progredire verso l'alto (il caso contrario, dall'alto al basso è detto sgranamento-raveling).

Problema associato: per effetto della diminuzione del supporto strutturale, si innescano fenomeni di rutting, shoving/corrugations, raveling, or cracking (alligator and longitudinal).

Possibili Cause: premesso che si tratta di un problema di difficile identificazione ed è usualmente necessario carotare, cause possibili sono: 1) problemi di affinità chimica (Poor aggregate surface chemistry); 2) danneggiamento per umidità nel conglomerato bituminoso (Water in the HMA causing moisture damage); 3) tappeti su miscele bituminose porose (Overlays over an existing open-graded surface course. Based on WSDOT experience, these overlays will tend to strip).

Rimedi: Il problema essenziale è: come è riuscita l'acqua/umidità a penetrare? In generale si rende necessaria la preliminare correzione dei difetti/problemi di drenaggio degli strati (inferiori), cui segue la rimozione e sostituzione. (A stripped pavement should be investigated to determine the root cause of failure (i.e., how did the moisture get in?). Generally, the stripped pavement needs to be removed and replaced after correction of any subsurface drainage issues.)

Degradi superficiali- Fessurazioni (termiche) trasversali- *Transverse* (*Thermal*) *Cracking*

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Large patched thermal crack



Small thermal crack



Smaller patched thermal crack

Degradi superficiali - *Fessurazioni* (*termiche*) *trasversali- Transverse (Thermal)* *Cracking*

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Fessurazioni trasversali - Transverse (Thermal) Cracking: fessurazioni perpendicolari alla direzione di marcia o stesa –usualmente di natura termica

Problemi associati: infiltrazione acqua, irregolarità

Possibili Cause: a) ritiro del congl.bit. Per basse temperature e/o invecchiamento legante; b) risalita fessurazioni strati sottostanti; fessurazioni del tipo top-down.

Rimedi: 1) fessurazioni di lieve entità - *Low severity cracks (< 1/2 inch wide and infrequent cracks):* Sigillatura (al fine di prevenire infiltrazioni e sgranamenti); 2) 1) fessurazioni di consistente entità - *High severity cracks (> 1/2 inch wide and numerous cracks):* rimozione e tappetino.

Degradi superficiali- *Essudazione e pompaggio di acqua- Water Bleeding and Pumping*

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]



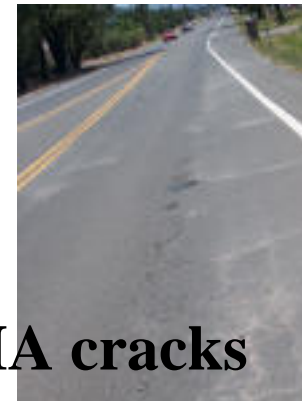
Water bleeding



Water bleeding up close

CTB=Cement treated bases

CTB base pumping through HMA cracks



Degradi superficiali - *Essudazione e pompaggio di acqua- Water Bleeding and Pumping*

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]

Essudazione e pompaggio di acqua- Water Bleeding and Pumping:

l'essudazione di acqua concerne fenomeni che interessano giunti, fessurazioni, strati troppo porosi. Il pompaggio riguarda la risalita di acqua e fini dagli strati sottostanti, attraverso fessurazioni, sotto l'azione di carichi in movimento.

Problemi associati: diminuzione resistenza all'attrito; possibilità, nel caso di essudazione d'acqua di porosità elevate; possibilità, nel caso di pompaggio acqua/fini, di insufficiente portanza di strati inferiori di supporto.

Possibili Cause: a) eccesso porosità per difetti esecutivo-progettuali; b) livello di falda accresciuto/elevato; c) insufficiente drenaggio.

Rimedi: 1) caso di elevato livello di falda o insufficiente drenaggio: ottimizzazione drenaggi; 2) caso di miscela eccessivamente porosa: (water bleeding): se possibile, applicazione di trattamenti superficiali tipo (fog seal o slurry seal) per limitare l'infiltrazione d'acqua.



Soglie caratteristiche (collaudo/esercizio)

[AA.VV., Quaderno AIPCR Aderenza dei manti bituminosi, XIV Convegno Nazionale stradale AIPCR, Aosta, 2002]

L_{OP}: Livello ottimo di partenza;

L_{PEN}(T_j, I_i) : Soglia di penalità ex novo, cioè al di sotto della quale c'è penalità per l'Impresa esecutrice;

L_A : Livello o soglia di allarme (corrispondente ad uno stato di incipiente necessità di intervento);

L_{IO} : Livello o soglia di intervento ottimale (livello che, secondo gli estensori della Norma CNR BU 125/88, “collega i vari parametri decisionali del processo di pianificazione .. minimizza i costi sociali della manutenzione al lungo termine....”);

L_{IE}: Livello o soglia di intervento effettivo (valore “tale da richiedere comunque un intervento sulla pavimentazione .. “ [6]);

L_S: Livello o soglia di sicurezza (“valore .. il cui peggioramento può comportare incidentalità superiore.. ai valori medi presenti sulla strada..” [CNR BU 125/88]).

Altre:

Soglie di inaccettabilità ex novo **L_{IN}(T_j, I_i)**; per valori minori è necessario procedere all'asportazione od alla correzione tramite trattamenti di irruvidimento;

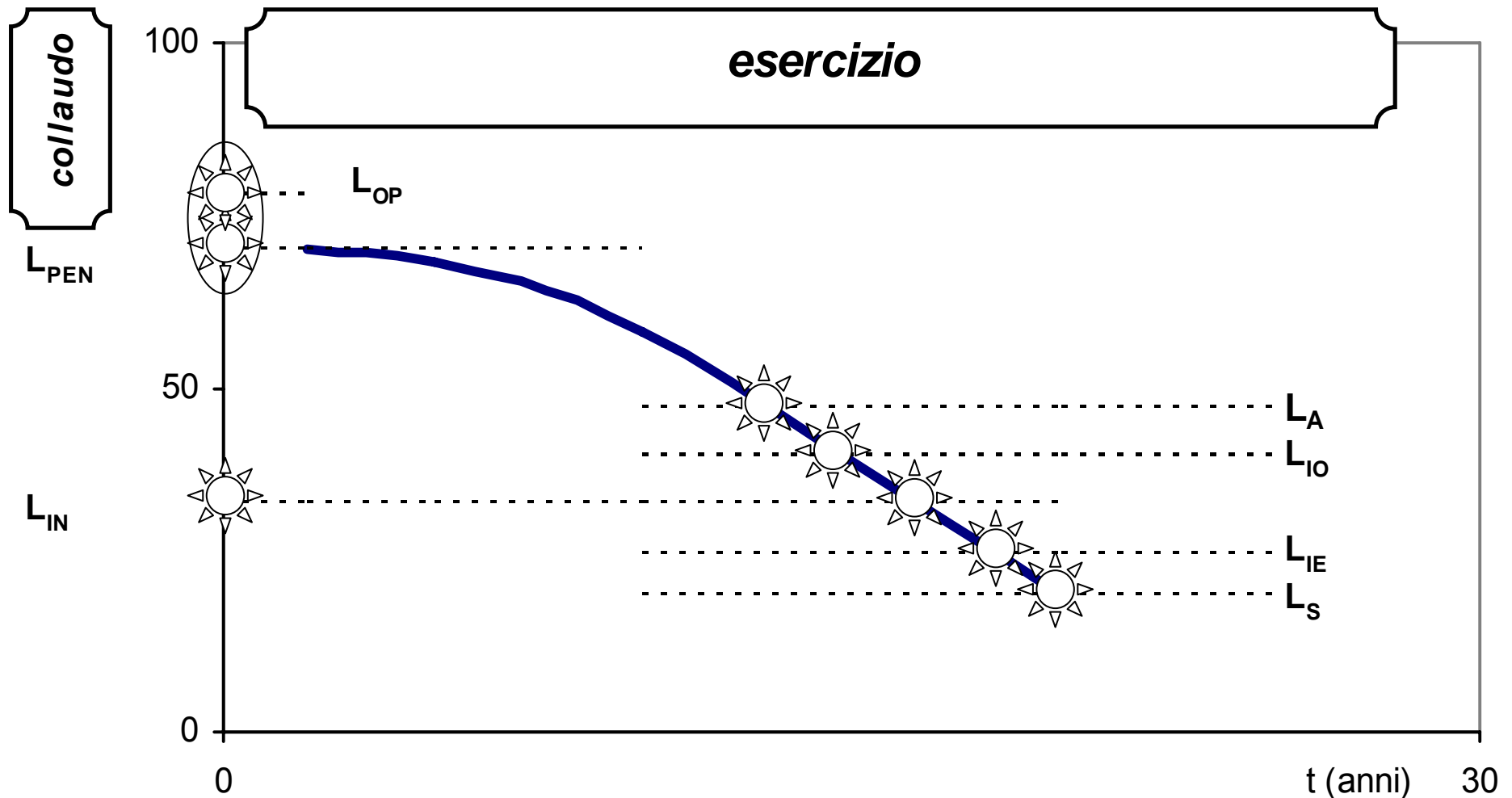
Soglie -limite **L_f*(T_j, I_i)** per classi di frequenza di controllo (soglie a cui corrisponde la transizione da una certa frequenza di controllo f** ad un'altra f*>f**; per esempio, per CAT >55 sorveglianza annuale; per CAT tra 45 e 55 sorveglianza semestrale, etc.);



Soglie caratteristiche (collaudo/esercizio)

– esempio

[AA.VV., Quaderno AIPCR Aderenza dei manti bituminosi, XIV Convegno Nazionale stradale AIPCR, Aosta, 2002]



Logica (italiana) delle penalità

[AA.VV., AIPCR Aderenza dei manti bituminosi, XIV Convegno Nazionale stradale AIPCR, Aosta, 2002]

- La *logica delle penalità* (fase del collaudo pre-esercizio), per l'indicatore di aderenza I_a e quello di tessitura I_t , per i livelli $LIN(I_t)$, $LIN(I_a)$, soglie di inaccettabilità, e $LPEN(I_t)$, $LPEN(I_a)$, soglie di penalità, è sovente la seguente (si omette, per brevità, il riferimento alla tipologia e la esaustiva definizione dei sub-insiemi logici):
 - 1° caso:: se $I_t < LIN(I_t)$ o/e se $I_a < LIN(I_a)$, allora: fresatura e ricostruzione;
 - 2° caso: se $LIN(I_t) < I_t < LPEN(I_t)$ o/e $LIN(I_a) < I_a < LPEN(I_a)$, allora penalità (per esempio in misura del 20%);
 - 3° caso: se $I_t > LPEN(I_t)$ e $I_a > LPEN(I_a)$, allora accettazione.

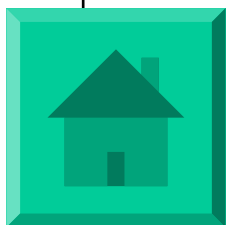


Stato degli indicatori (specie di aderenza) e Terapie manutentivo-ricostruttive – indicazioni di massima

**A:
PAV.EV**

[AA.VV., Quaderno AIPCR Aderenza dei manti bituminosi, XIV Convegno Nazionale stradale AIPCR, Aosta, 2002]

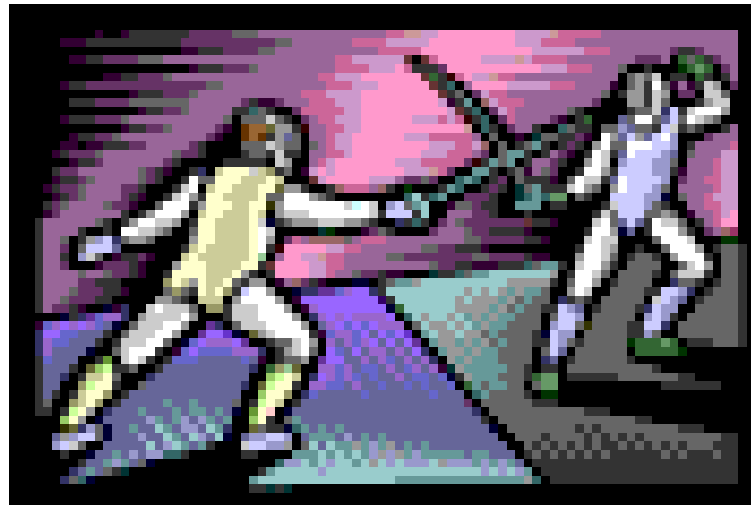
		Aderenza sufficiente			Aderenza insufficiente		
		PSI suf.	PSI insuf.	PSI crit.	PSI suf.	PSI insuf.	PSI critico
Portanza quasi suf.	Regolarità suf.	S	S+P	S+P+MS	S+TS	S+P+T S	S+P+GX+TS
Portanza insuf.	Regolarità insuf.	U	S+U	S+P+U	S+R+TS	S+P+R+TS	S+P+R+GX+BI+TS
	Regolarità critica	R+U	S+R+U	S+P+R+U	S+BI+T S	S+P+B I+TS	S+P+GX+BI+TS
Portanza critica	Regolarità suf.	BI+U	GX+B I+U	F+BI+U	LEGENDA: S: Sigillatura; P: Photoling – Rappezzo; MS: trattamenti tipo Macroseal; TS: Trattamenti Superficiali di irruvidimento; R: Risagomatura; GX: Geotessile; F: Fresatura; B: Base; BI: Binder; U: Usura; DEM: DEMolizione; RIC: RICostruzione		
	Regolarità insuf.	R+BI+U	P+R+BI+U	P+R+GX+B I+U			
	Regolarità critica	F+BI+U	F+B+BI+U	DEM+RIC			



Sezione B

Manutenzione ordinaria e straordinaria

Maintenance & Rehabilitation.





Sezione B

Manutenzione ordinaria e straordinaria



Maintenance & Rehabilitation.

Sommario

Le pavimentazioni sono sovente progettate per durare 20 anni circa. Un attimo dopo la nascita inizia l'invecchiamento. E' probabile che se vi è manutenzione ordinaria (rappezzi, sigillature, trattamenti superficiali, etc.) la vita effettiva sarà assimilabile a quella di progetto, altrimenti minore. Se vi è manutenzione straordinaria (risanamento strutturale, etc.) la vita effettiva sarà probabilmente sostanzialmente maggiore di quella prevista.

Gli standard geometrici e funzionali, i modi di uso delle arterie, le esigenze di sicurezza (safety e security) possono mutare: ciò può indurre interventi di adeguamento.

Sono innumerevoli le soluzioni sovrastrutturali, tanto per il cosiddetto manto che per i restanti strati.



Def.1: Manutenzione

- Per manutenzione stradale si intende sovente quel complesso di operazioni ed attività tese a conservare le caratteristiche funzionali e strutturali della strada [Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988 (1988) - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, Roma].

Obiettivi

I principali obiettivi degli interventi di manutenzione per le pavimentazioni sono [Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988 (1988) - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, Roma]:

- a) mantenere le caratteristiche geometriche del piano stradale previste in progetto ed eseguite nella costruzione;
- b) prevenire con *piccole riparazioni* danneggiamenti più gravi che porterebbero ad una diminuzione di portanza della pavimentazione;
- c) prevenire o ripristinare le caratteristiche di *rugosità* superficiali;
- d) ripristinare le caratteristiche portanti perdute;
- e) migliorare il *comportamento al rumore* del manto stradale.

Def.2: Distinzione Ordinaria / straordinaria

- E' opportuno riportare la distinzione tra manutenzione ordinaria e straordinaria [Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988 (1988) - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, Roma]:
- i) La manutenzione ordinaria considera tutti quegli interventi che non modificano il progetto originario. In termini di vita utile dell'infrastruttura e delle sue singole componenti, sono da ritenersi manutenzioni ordinarie quelle che conservando o ripristinando il bene gli conferiscono quelle caratteristiche previste per il bene originario all'atto della sua realizzazione nell'ambito della "vita utile";
 - ii) Sono invece interventi di tipo straordinario (manutenzione, potenziamento e ampliamento) quegli interventi che, pur finalizzati al ripristino della funzionalità del patrimonio autostradale, presentino modifiche alle opere tali da comportare un miglioramento qualitativo e/o quantitativo delle opere costituenti il patrimonio stesso e richiedano quindi un nuovo progetto anche se parziale.

Def.3: Maintenance

- Per “maintenance” si intendono, invece, tutti i metodi e le tecniche utilizzati per preservare le condizioni della pavimentazione, la sicurezza, la qualità di marcia e dunque per garantirne la vita utile di progetto (*Pavement maintenance describes all the methods and techniques used to preserve pavement condition, safety, and ride quality, and therefore aid a pavement in achieving its design life*) [WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide].

Def.4: Rehabilitation

- Per “rehabilitation” si intende, poi, il miglioramento strutturale o funzionale di una pavimentazione che comporta una **sostanziale estensione della vita utile**, attraverso un miglioramento delle condizioni delle pavimentazioni e della qualità di marcia (*a structural or functional enhancement of a pavement which produces a substantial extension in service life, by substantially improving pavement condition and ride quality*) [WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide].

Osservazione

(con lievi forzature concettuali)

- NO maintenance (NO manutenzione ordinaria): vita effettiva < vita prevista;
- SI maintenance (SI manutenzione ordinaria): vita effettiva \cong vita prevista
- SI rehabilitation (\cong manutenzione straordinaria): vita effettiva > vita prevista (con necessità progetto).

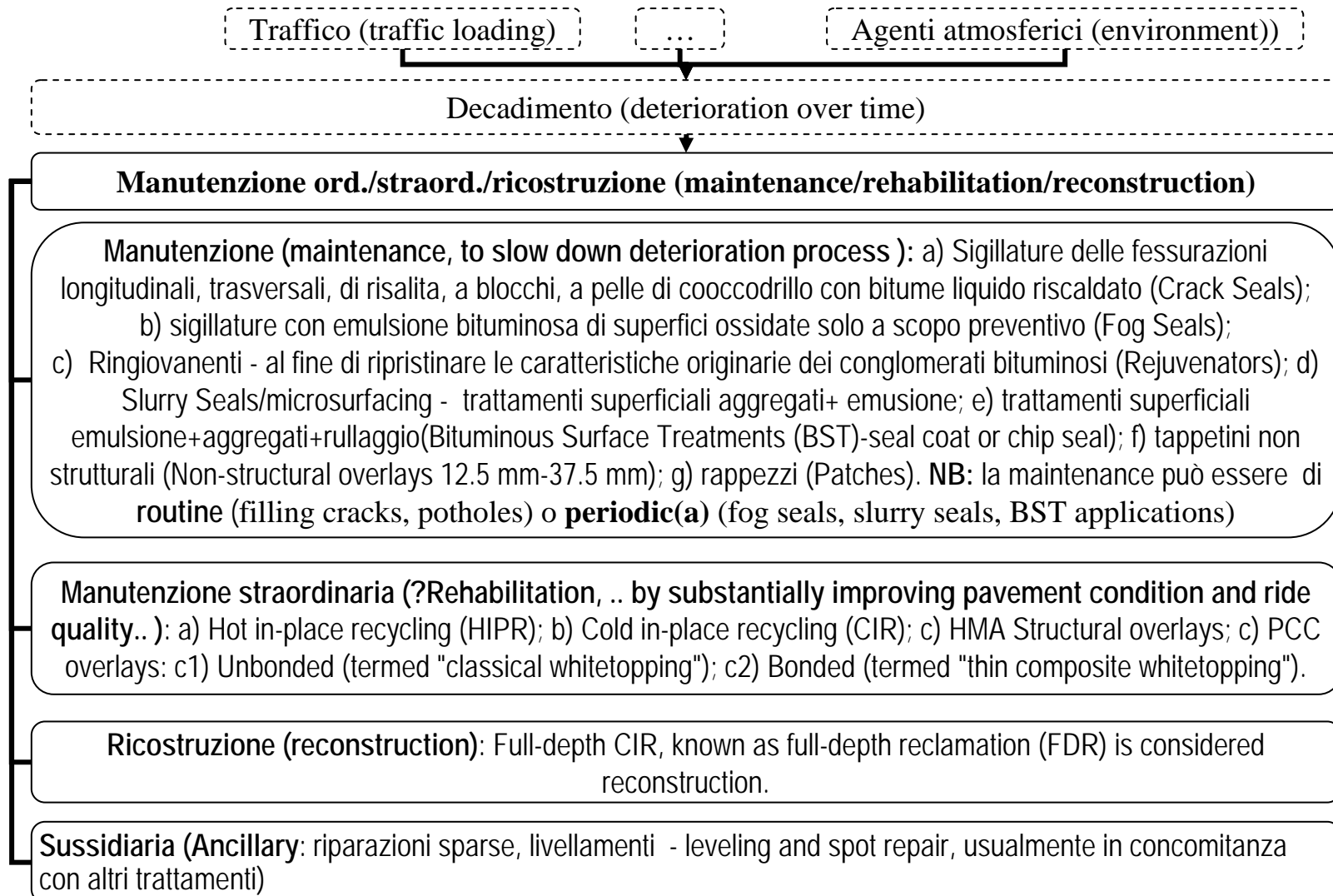
Precisazione 1

- Tanto la Maintenance che la Rehabilitation hanno due effetti comuni (Deighton, 1997):
- **1) lo stato della pavimentazione è “migliorato”**
(They immediately improve the pavement condition. For instance, a slurry seal can eliminate most minor surface distresses).
- **2) la velocità del degrado è globalmente alterata (diminuita)**
(They affect the future rate of deterioration. For instance, crack sealing prevents water from entering the pavement structure and subgrade through open cracks, which slows future deterioration.)

In realtà c'è una banale ed intrinseca assimilabilità ed interdipendenza tra tali due effetti!

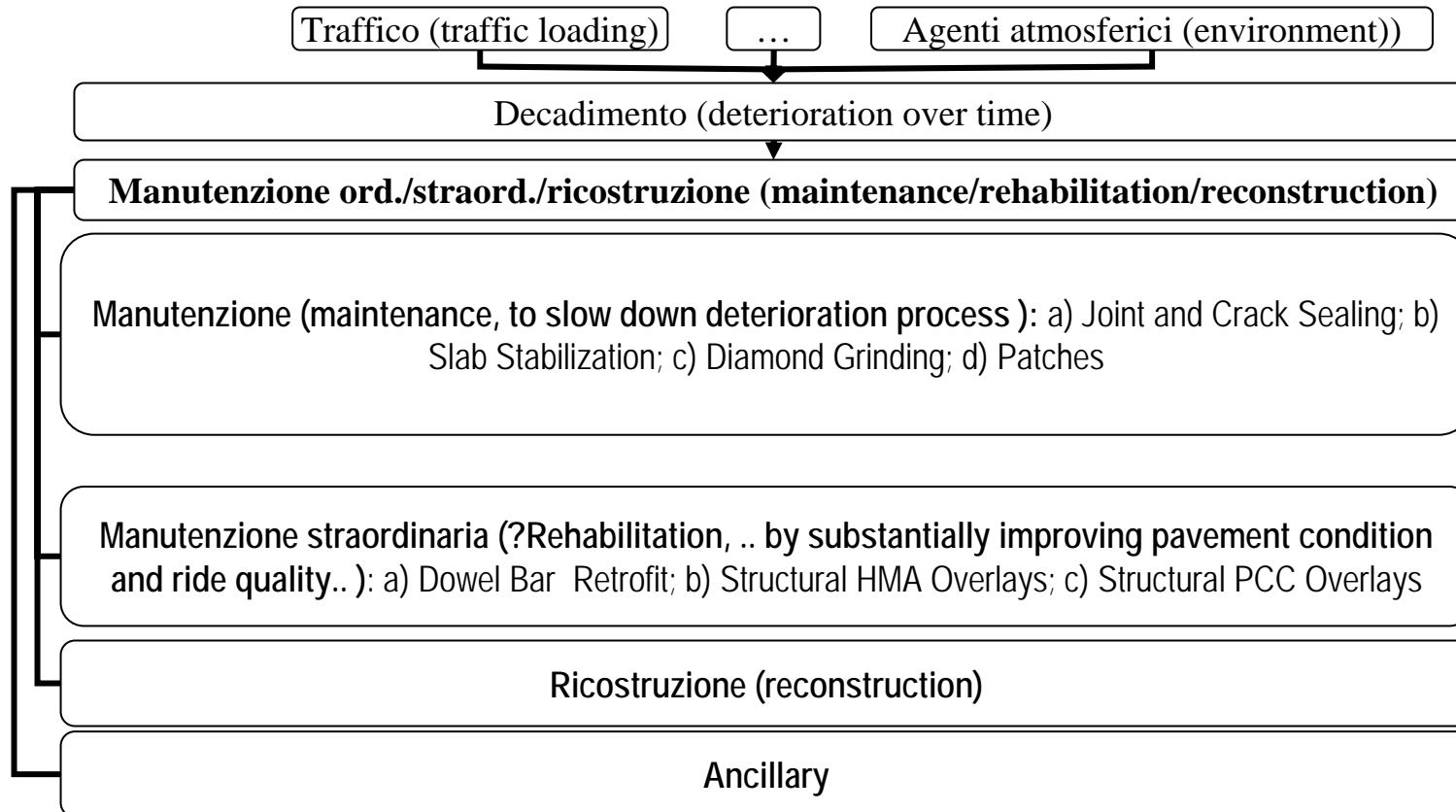
Altro esempio di classificazione

(flessibili, [WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]).



Altro esempio di classificazione

(rigide, [WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]).



Def.5: Adeguamento.

- Secondo la “bozza di norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti” del 25.04.05/21.03.06 [Bozza di Norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti, 21.03.2006], il miglioramento della qualità del servizio offerto e della sicurezza della circolazione della rete esistente necessita di interventi di adeguamento generalizzati o localizzati da attuare secondo un insieme di azioni coordinate. Gli interventi di adeguamento delle strade esistenti si possono, allora, distinguere in:
 - interventi “strutturali”;
 - interventi “non strutturali”

Def.5: Adeguamento - continua

- - interventi “strutturali”, operanti sulla realtà fisica della infrastruttura, ovvero che devono conferire, per quanto possibile, alla rete stradale esistente gli standard geometrici e funzionali previsti dal D.M. 5.11.2001 e dall’art. 13, comma 1, del D.L.vo 285/92; tra di essi: i) Riorganizzazione della piattaforma stradale con modifica della sezione tipo o della dimensione trasversale dei suoi elementi componenti, ovvero l’introduzione di elementi di arredo, di sicurezza passiva o di mitigazione ambientale; ii) Modifica dell’andamento plano-altimetrico del tracciato d’asse; iii) Adeguamento delle intersezioni che ricadono all’interno del tronco stradale alle caratteristiche proprie della classe funzionale di appartenenza (gerarchizzazione e riorganizzazione di alcune o di tutte le manovre consentite e degli spazi stradali a queste dedicate);
- - interventi “non strutturali”, atti a conseguire un’effettiva modifica del modo d’uso dell’infrastruttura esistente rendendolo congruente con le sue caratteristiche fisiche, con le caratteristiche dell’ambiente naturale, antropizzato o urbano, attraversato dalla strada e con la tipologia d’utenza ammessa ad utilizzarla; tra di essi: i) Organizzazione delle Utenze (veicoli commerciali, pedoni, veicoli a due ruote, portatori di handicap, transito di merci pericolose, autovetture, ecc.); ii) Omogeneizzazione delle funzioni trasportistiche da assegnare al ramo in esame ed alle sue intersezioni; iii) Gestione degli accessi, della sosta e del parcheggio; iv) Inserimento delle attrezzature e sistemi di arredo urbano; v) Opere di inserimento paesaggistico dell’infrastruttura; vi) Inserimento di impianti tecnologici a servizio della circolazione stradale; vii) Gestione attrezzature stradali; viii) Sistemi di gestione della velocità (traffic calming) e limiti di velocità; ix) Sviluppo di piani e campagne di sensibilizzazione ed informazione dell’utenza pre-postamento ed in itinere; x) Sviluppo di piani di intervento e di sicurezza per la gestione delle emergenze.

Definizioni operative e Confronto WSDOT Guide- Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988

Se, nell'ottica di una definizione operativa dei termini in gioco, si effettua un confronto tra gli interventi di manutenzione [Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988 (1988) - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, Roma.], e gli interventi di maintenance (manutenzione) e rehabilitation secondo il WSDOT [WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide] è possibile individuare non poche corrispondenze:

- 1) Gli interventi di **fresatura e ricostruzione** dei conglomerati bituminosi [Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988 (1988) - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, Roma.] possono corrispondere, talvolta, agli “HMA Non-structural overlays” (tappettino superficiale non strutturale) ([WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide], **maintenance**);

Definizioni operative e Confronto WSDOT Guide- Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988

[Praticò F.G., Ammendola R. (2006) – ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DI PAVIMENTAZIONI IN AREE A RISCHIO: STUDIO TEORICO E SPERIMENTALE DELLE PRESTAZIONI DI MISCELE BITUMINOSE A FRONTE DI SVERSAMENTI INQUINANTI, Congresso SIV Cosenza.]

- 2) Gli interventi di **Rigenerazione dell'aderenza - Pulizia delle superfici (sverniciatura, sgommatura, etc.)**
[Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988 (1988) - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, Roma.]
non appaiono avere un corrispondente univoco presso il [WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]; ma..slurry seals, etc..

Definizioni operative e Confronto WSDOT Guide- Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988

- 3) I rappezzi e la sigillatura delle fessure [Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988 (1988) - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, Roma.] corrispondono a Crack seals (sigillatura delle fessure) e Patching (Rappezzi) ([WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide], **maintenance**);

Definizioni operative e Confronto WSDOT Guide- Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988

- 4) I **trattamenti superficiali** [Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988 (1988) - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, Roma] corrispondono alla strategia degli Slurry seals, Bituminous surface Treatments (trattamenti superficiali), fog seals, rejuvenators (ringiovanenti) ([WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide], **maintenance**);

Definizioni operative e Confronto WSDOT Guide- Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988

5) I **tappeti di ricopertura** [Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988 (1988) - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, Roma] possono talvolta corrispondere agli “HMA Non-structural overlays” (tappettino superficiale non strutturale) ([WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide], **maintenance**);

Definizioni operative e Confronto WSDOT Guide- Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988

- 6) Il **Riciclaggio dei materiali** [Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988 (1988) - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, Roma] corrisponde a Hot in-place recycling (HIPR)(riciclaggio in situ a caldo), Cold in-place recycling (CIR) (riciclaggio in situ a freddo) ([WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide], **rehabilitation**);

Definizioni operative e Confronto WSDOT Guide- Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988

- 7) **Gli Interventi radicali di rafforzamento o di risanamento** [Bollettino Ufficiale CNR, N.125/1988 (1988) - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, Roma] corrispondono HMA structural overlays (tappeti superficiali strutturali), PCC overlays (ricoprimento con piastre in calcestruzzo di cemento) ([WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide], **rehabilitation**).

Esempi di tipologie di manto

[AA.VV., Quaderno AIPCR Aderenza dei manti bituminosi, XIV Convegno Nazionale stradale AIPCR, Aosta, 2002]

- CB. 1- Conglomerato bituminoso per strati d'usura Tradizionale;
- CB. 2 - Conglomerato bituminoso per strati d'usura Tradizionale rigenerato (riciclato) in sito o in impianto;
- CB. 3 - Conglomerato bituminoso per strati d'usura Tradizionale modificato con polimeri;
- CB. 4 - Conglomerato bituminoso per strati d'usura con inerte artificiale e/o naturale chiaro (per manti stesi in galleria);
- CB. 5 - Conglomerato bituminoso per strati d'usura con inerti di argilla espansa ;
- CB. 6 - Conglomerato bituminoso per strati d'usura chiodati;
- CB. 7 - Conglomerato bituminoso per strati d'usura drenante;
- CB. 8 - Conglomerato bituminoso per strati d'usura “Splittmastix asphalt”;
- MT. 1 - Microtappeti a caldo ad elevata rugosità superficiale;
- MT. 2 - Microtappeti a freddo (tipo “slurry-seal”);
- TS. 1 - Trattamenti superficiali a caldo (bistrato – doppia granigliatura);
- TS. 2 - Trattamenti superficiali a caldo con bitumi modificati con granuli di gomma rigenerata;
- TS. 3 - Trattamenti superficiali a freddo (mono strato – doppia granigliatura);
- TS. 4 - Trattamenti superficiali di irruvidimento con sistemi meccanici;
- TS. 5 - Trattamenti superficiali di irruvidimento con legante ed inerti sintetici.

Sezione C

Gestione integrata della pavimentazione

Pavement Management.





Sezione C



Gestione integrata della

pavimentazione - **Pavement Management.**

Sommario

La vita di una pavimentazione ha inizio con progettazione e costruzione, di dato costo. Poi, la condizione (PCI, per esempio) tende a decadere, mentre le azioni di maintenance e rehabilitation (ciascuna di proprio costo) tendono a re-innalzarla.

I costi sostenuti dall'ente stradale ed i relativi benefici per la pavimentazione sono fondamentali; essi supportano un primo giudizio sul modus operandi prescelto (per esempio in termini di Buying Power ratio).

E le code? I rallentamenti per i lavori in corso? Nell'analisi del costo del ciclo di vita tutti i costi sostenuti dall'utenza devono essere considerati (code e rallentamenti compresi!).

La relativa valutazione finanziaria (valore attualizzato netto, costo annuale uniforme equivalente, etc.) è lo strumento decisionale (tra due progetti o tra due insieme di progetti).

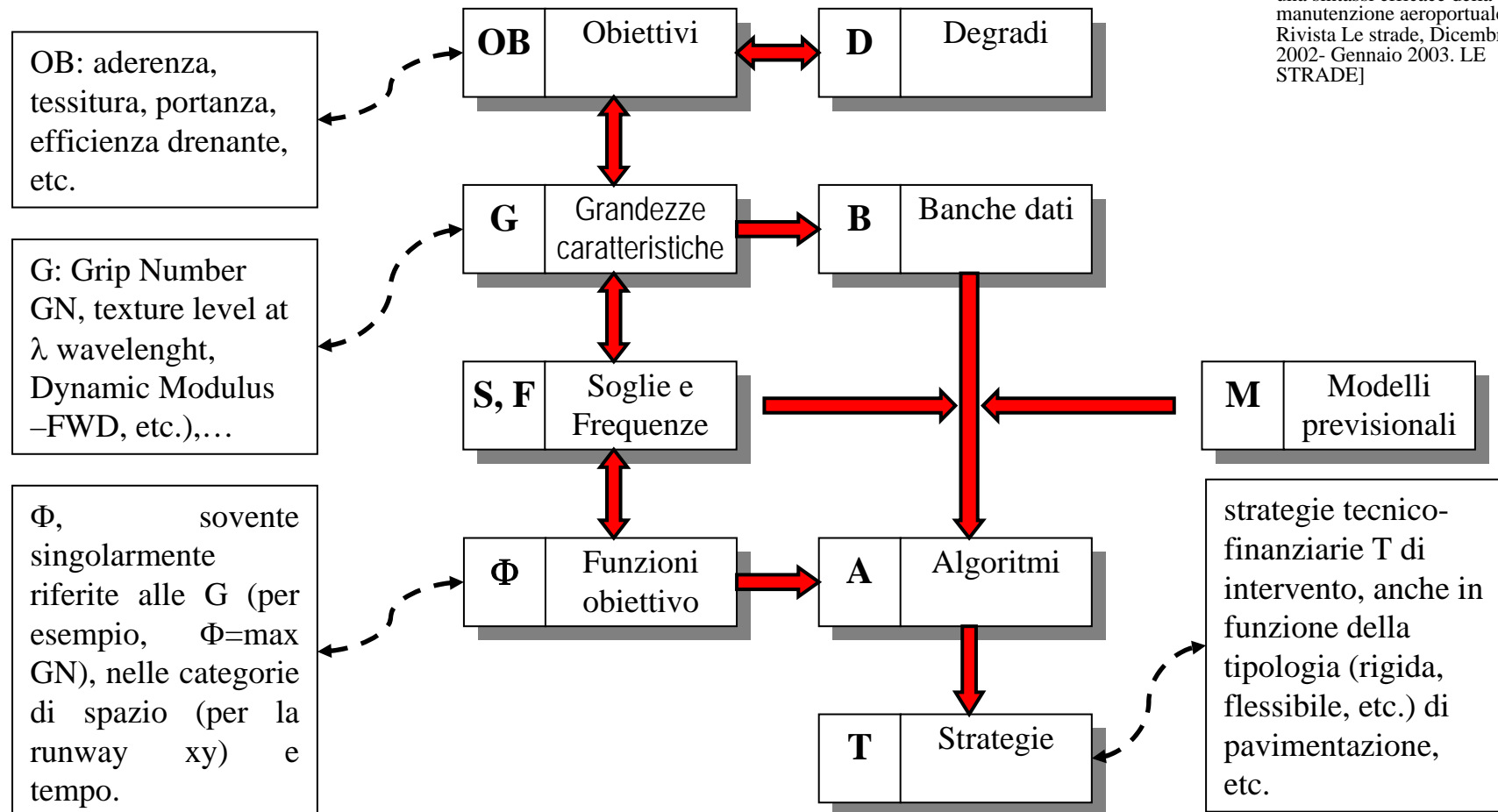
Meglio considerare un problema - progetto alla volta oppure ragionare in termini di rete. Un teorico non può che prediligere un approccio sistemico, di rete; uno che ha avuto da fare con l'Italia?



Pavement Management:

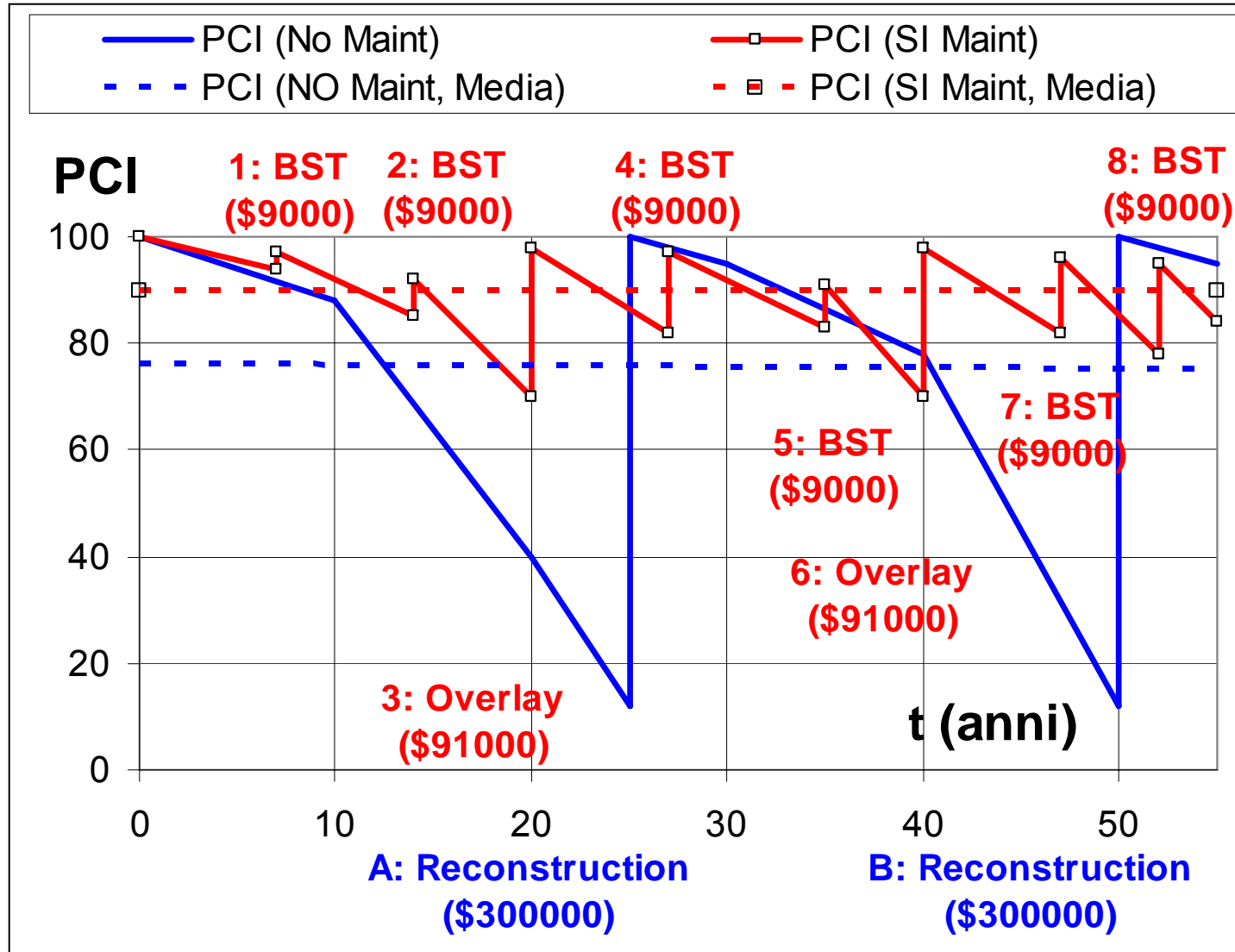
Posizione del problema (nessi relazionali semplificati)

[Praticò F.G., Elementi per una sintassi efficace della manutenzione aeroportuale, Rivista Le strade, Dicembre 2002- Gennaio 2003. LE STRADE]



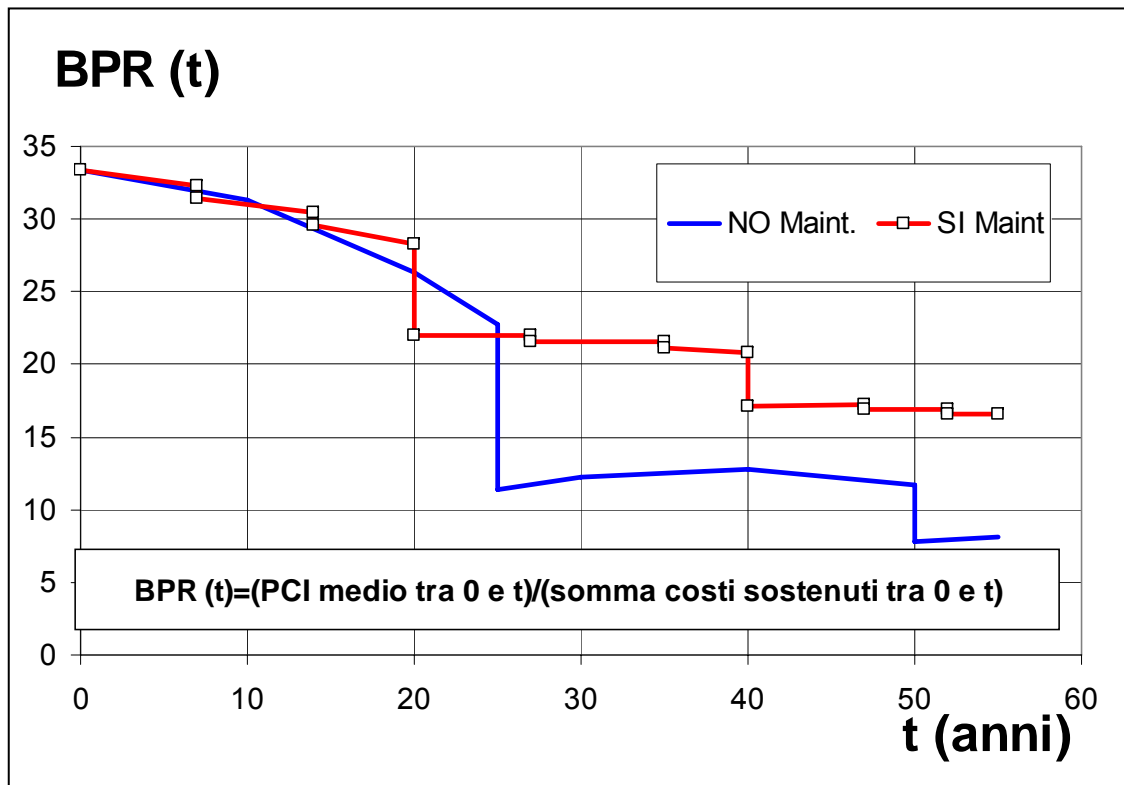
Ciclo di vita della pav.

(Pavement Life-Cycle) [WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide; Don Newell – Multnomah County, OR]



Ciclo di vita: BPR=Buying Power Ratio

BPR=Buying Power Ratio= Avr. PCI Mile /(\$100,000 Invested)



Ciclo di vita (Pavement Life-Cycle): sintesi

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide;

http://www2.co.multnomah.or.us/Departments/Community_Services/LUT/road_maintenance/pmp/Road_Deterioration_Curve_55yr.pdf#search=%22buying%20power%20ratio%20%2B%20pavement%22]

BPR=Buying Power Ratio= Avr. PCI Mile /(\$100,000 Invested)

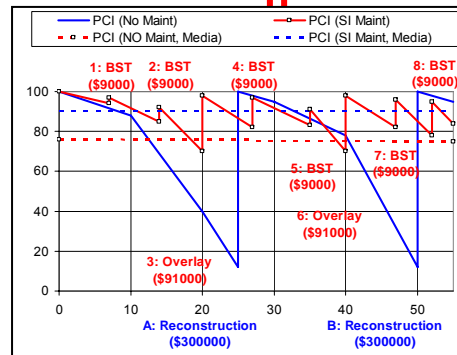
SI Maint.: COSTO INIZIALE=300k\$

Costo tot. (di mainten.): $6 \cdot 9K + 2 \cdot 91K = 54 + 182 = 236k\$$

(sempre per corsia e miglio);

PCI medio=90;

$BPR_{medio} = 90 / (3 + 2.36) = 16.8$



No Maint.: COSTO INIZIALE=300k\$

Costo tot. (di ricostruz): $300K + 300K = \$600.000$ (per corsia e miglio);

PCI medio=76;

$BPR_{medio} = 76 / (3 + 6) = 8.4$

Analisi del costo di ciclo di vita

(Life-Cycle Cost Analysis)

- **Def. di massima:** Analisi finanziaria dei costi da supportare, nell'ottica della individuazione della opzione di minimo costo (nel soddisfacimento dei requisiti).
- *"...an analysis technique that builds on the well-founded principles of economic analysis to evaluate the over-all-long-term economic efficiency between competing alternative investment options.*
- *It does not address equity issues.*
- *It incorporates initial and discounted future agency, user, and other relevant costs over the life of alternative investments. It attempts to identify the best value (the lowest long-term cost that satisfies the performance objective being sought) for investment expenditures."*

LCCA: Fasi fondamentali

- **1. Definizione delle strategie oggetto di LCCA** (per ciascuna attività: tempistica, decadimento delle prestazioni; per tutte: periodo di riferimento >35 anni). (*Make initial strategy and analysis decisions*).
- **2. Stima dei costi** (*Estimate costs*);
- **3. Analisi comparata** (*Compare alternatives*).
Tecniche impiegate usualmente: a) valore attualizzato netto (net present value, NPV); b) analisi costi/benefici(benefit-cost ratio, B/C).

Fase 2: Stima dei costi:

Costi dell'ente stradale (Agency Costs)

- 2.1 Costi di ingegnerizzazione del progetto (studio di fattibilità, etc., Preliminary engineering)**
- 2.2 Costi amministrativi (gestione del contratto, Contract administration);**
- 2.3 Costi di costruzione (Initial construction);**
- 2.4 Costi di direzione lavori, consulenza, prove sui materiali, etc. (Construction supervision)**
(costs associated with construction inspectors, construction management consultant costs, materials testing costs, or other costs associated with construction supervision.)
- 2.5 Costi di manutenzione ordinaria (Maintenance costs)**
(these costs are generally small and do not vary greatly from alternative to alternative. They have a negligible effect on NPV and can generally be ignored. When maintenance costs are available for the alternatives considered, they should be incorporated into the life-cycle cost analysis)

Fase 2: Stima dei costi:

Costi dell'ente stradale (Agency Costs)

2.6 Costi di manutenzione straordinaria (~Rehabilitation costs)

(typically they are resurfacing costs).

2.7 Altri costi amministrativi (Administrative costs)

Any other administrative or overhead costs unique to each alternative.

2.8 Valore o vita residui (Salvage value).

The value of an investment alternative at the end of the analysis period. This is usually included as a negative agency cost (an agency benefit) and is comprised of two major components: **2.8.1 Residual value**. The net value from recycling the pavement. The differential residual value between pavement design strategies is generally not very large, and, when discounted over long periods of time (e.g., 35 years) tends to have little effect on LCCA results. **2.8.2 Serviceable life**. The remaining life in a pavement alternative at the end of the analysis period. .

Nota sui Costi irrecuperabili (Sunk costs); essi non sono recuperabili e non entrano in gioco;

es: alternativa A: NPV=20 (ma uno speso); alternativa B: NPV=15; nonostante si sia speso 1 per la A si sceglie la B.

Fase 2: Stima dei costi:

Costi dell'Utenza stradale (userCosts)



Nota

Essi devono usualmente essere inclusi poiché possono rivelarsi di alcuni ordini di grandezza maggiori rispetto a quelli dell'ente stradale

2.9 Costi in esercizio (Normal operation).

Sono i costi in assenza di construction, maintenance, and/or rehabilitation activities). Dipendono dalla irregolarità del piano di via (IRI). **Questi costi sono spesso considerati uguali per tutte le alternative.**

2.10 Costi in presenza di aree di lavoro che perturbano i flussi (Work zone).

Roadway user costs associated with using a facility during periods of construction, maintenance, and/or rehabilitation activities that generally restrict the capacity of the facility and disrupt normal traffic flow. These costs are influenced by the level, duration, and character of capacity restriction (e.g., number of closed lanes, length of closure, traffic during closure, amount of stopping and starting, etc.).

Ciascuna delle due precedenti classi può suddividersi in tre sottoinsiemi di costi:

2.X.1 Costi operativi veicolo (Vehicle operating costs (VOC)).

Crescono se cresce l'IRI. Includes all costs associated with operating a vehicle including fuel, oil, part replacement, upkeep and maintenance.

2.X.2 Costi dovuti al ritardo (User delay costs).

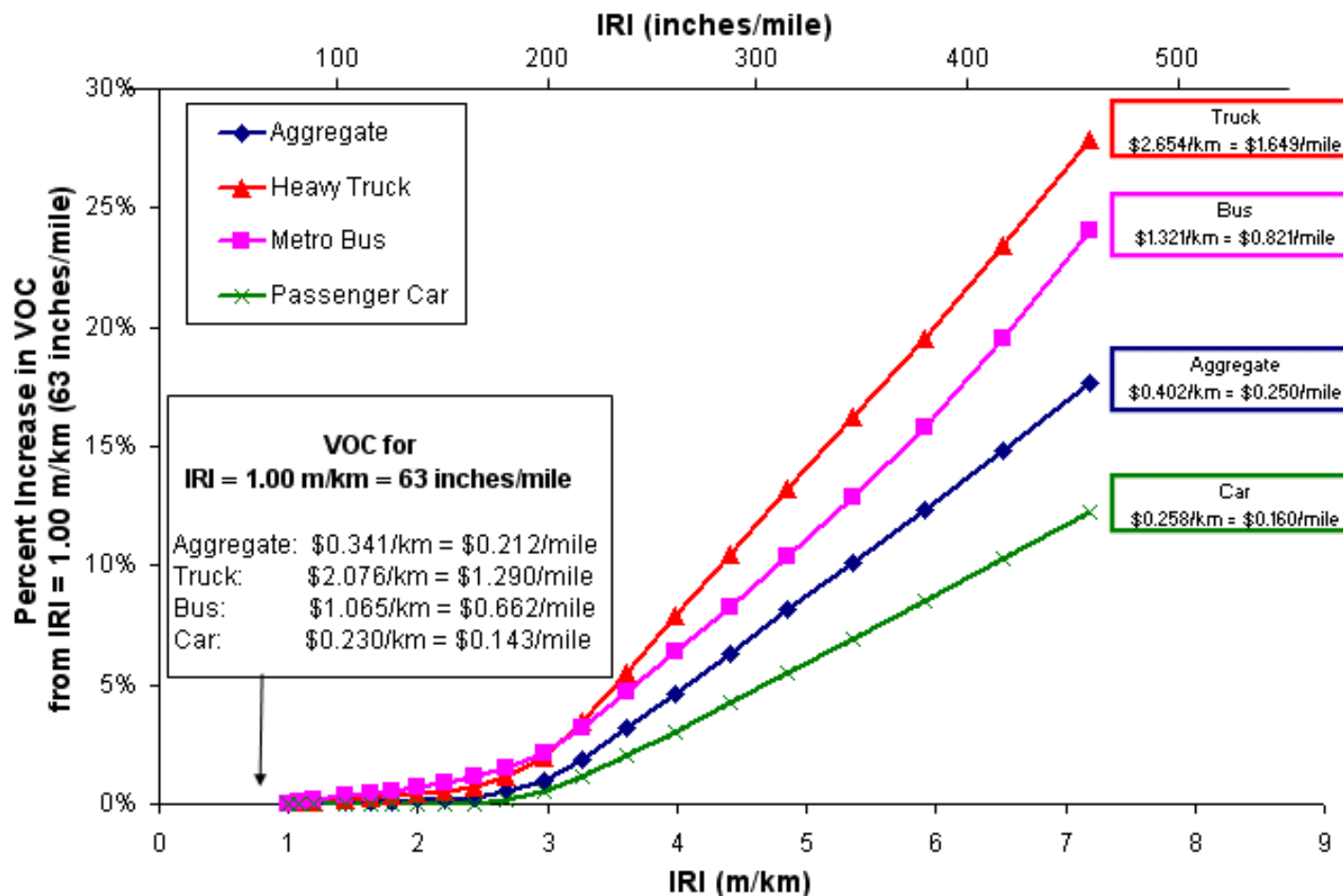
Per esempio (anno 2003 – USA): 11-15\$/h per veicoli leggeri; 19-28 \$/h per veicoli pesanti)

2.X.3 Costi dovuti alla incidentalità (Crash costs)

Fatality, non-fatal injury and property damage only.

Fase 2: Stima dei costi: Costi dell'Utente stradale - Costi operativi veicolo (Vehicle operating costs (VOC)).

[WSDOT, Washington State Department of Transportation, Pavement Guide]



Fase 3. Analisi comparata (Compare alternatives).

Valore attualizzato netto (net present value, NPV):

$$NPV = (\text{initial cost}) + \sum \frac{\text{Rehab cost } t_k}{(1+i)^{n_k}}$$

- i =discount rate;
- n_k =year of expenditure
- $(1+i)^{-n_k}$ =present value (PV) factor

ES1:

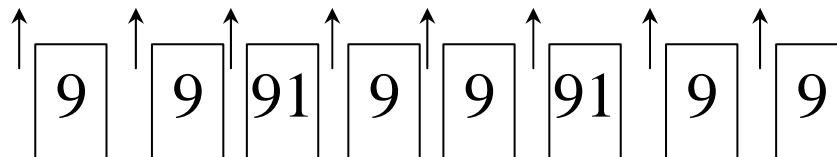
$i=0.04$; initial cost=300k\$; rehab1: 300k\$ (25); rehab2: 300k\$ (50);

NPV= 300 +112,54+42,214=454,75k\$;

ES2:

$i=0.04$; initial cost=300k\$; BST1, 2, 4, 5, 7, 8: 9k\$ (7, 14, 27, 34, 47, 54); Overlay3, 6 (20, 40): 91k\$;

NPV=300,00+6,84+5,20+41,53+3,12+2,28+18,95+1,42+1,17=380,52k\$



Fase 3. Analisi comparata (Compare alternatives)

Costo annuale uniforme equivalente (Equivalent Uniform Annual Costs, EUAC)

- *L'EUAC (Equivalent Uniform Annual Cost) converte un costo annuale ricorrente, mentre il NPV aggiorna al presente.*
- *Typically, EUAC is determined by first figuring the NPV and then using the following formula to convert it to EUAC*
- **ES:** $i=0.04$; $n=55$;
NPV=380,52; EUAC=430,28.

$$EUAC = NPV \cdot \left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$



8.646
<hr/>
7.646

Pavement Management Systems – alcune definizioni

- DEF.1 “risparmiosa ed operativa”:**

“the effective and efficient directing of the various activities involved in providing and sustaining pavements in a condition acceptable to the traveling public at the least life cycle cost (AASHTO, 1985).”

- DEF.2 “avanti con brio”:**

Hudson et al. (1979) “total pavement management system” as “...a coordinated set of **activities**, all directed toward achieving the best value possible for the available public funds in providing and operating smooth, safe, and economical pavements.”

- Precisazione 1.**

Haas and Hudson (1978): “**activities**” as “those actions associated with pavement planning, design, construction, maintenance, evaluation and research”.

- Precisazione 2.**

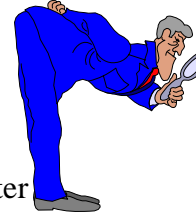
There are numerous different pavement management systems (PMS) from which to choose, each one with its own level of complexity.

Pavement Management Systems: Componenti

Five key components (Peterson, 1987):

1) Rilievi (Pavement condition surveys)

Condition survey research is largely concerned with advancing or refining measurement and data collection.

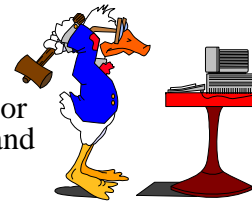


2) Banche dati (Database containing all related pavement information)

Recent research has concentrated on implementing more robust databases (e.g., Microsoft SQL server, Oracle, etc.) and better user interfaces including GIS-based spatial interfaces. These interfaces are as important as the data itself because they enable users to view and manipulate data in a meaningful way.

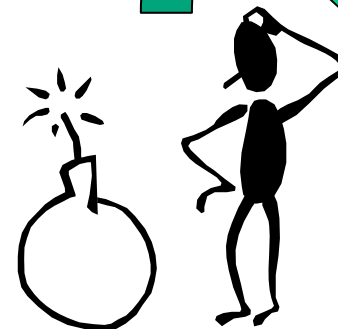
3) Schema di analisi (Analysis scheme)

Analysis schemes are those algorithms used to interpret data in meaningful ways. Recent research has focused on advancing or refining life-cycle costing analysis, optimization algorithms and performance prediction.



4) Criteri decisionali (Decision criteria)

Decision criteria are those rules developed to guide pavement management decisions. As pavement management systems have evolved, decision criteria have become more complex and now account for items such as user delay, vehicle operating costs and, in limited cases, environmental effects.



5) Procedure di implementazione delle decisioni assunte (Implementation procedures)

Implementation procedures are those methods used to apply management decisions to roadway sections. Implementation is often thought of as a political, budgetary or procedural issue and is not often dealt with in research.

Pavement Management Systems: Metodiche

[AASHTO 1990 *Guidelines for Pavement Management Systems*; Zimmerman and ERES Consultants, 1995]

1) Analisi in base alle condizioni della pavimentazione del dato progetto (Pavement condition analysis - project-level approach).

This method, considered the simplest of the three, aggregates pavement condition information at the project level and then selects the most appropriate MR&R (maintenance, reconstruction and rehabilitation) strategy.

2) Analisi in base alle condizioni della pavimentazione del dato progetto, con considerazione posteriore del problema in termini di rete (Priority assessment models - project-level approach).

This method improves upon pavement condition analysis by incorporating predicted future pavement condition information. Thus, priority assessment models consider future predicted conditions and can possibly perform limited “what if” scenarios based on network level decisions. However, conditional (“what if”) scenario capability is limited because alternate decisions can only be modeled by changing the project-level data – generally a time-consuming task. This is also considered a project-level approach because, although more complex, it still begins at the lowest decision level (determining an individual pavement section’s MR&R strategy) and progresses to the highest decision level (an overall pavement network strategy).

3) Modelli per l’ottimizzazione di rete (Network optimization models - network-level approach).

This method, considered the most sophisticated, simultaneously evaluates an entire pavement network to determine the optimum network management strategy. Specific MR&R projects and locations are then selected to meet this strategy. This method is considered a network-level approach because it begins at the highest decision level and progresses to the lowest decision level.

Pavement Management Systems: pro e contro delle Metodiche

[AASHTO 1990 *Guidelines for Pavement Management Systems*; Zimmerman and ERES Consultants, 1995]

A) **RETE**-top-down network-level: a1) migliore controllo da parte delle istituzioni; a2) svantaggi in termini di possibilità di risolvere accuratamente il singolo scenario; a3) maggiore flessibilità in relazione alle innovate istanze socio-politiche; a4) “perturbabilità”.

B) **PROGETTO** - bottom-up project-level: b1) valuta solo lo scenario locale, puntuale; b2) potenzialmente più tecnico e puntuale nella risoluzione del singolo problema.



Peculiarità aeroportuali



Rilievi metrico-visuali - Rilievi di aderenza con strumentazioni ad alto rendimento - Rilievi di tessitura - Operazioni di decontaminazione - Aderenza su ghiaccio, neve o fanghiglia – Regolarità – sversamenti inquinanti



Modulo Prof. Tesoriere;

AC 5380-6;

AC 150/5380-5b;

AA.VV., Quaderno AIPCR Aderenza dei manti bituminosi, XIV Convegno Nazionale stradale AIPCR, Aosta, 2002;

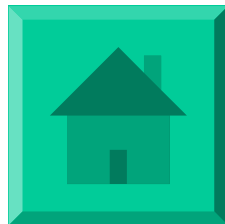
Praticò F.G., Elementi per una sintassi efficace della manutenzione aeroportuale, Rivista Le strade, Dicembre 2002- Gennaio 2003. LE STRADE.

Praticò F.G., Ammendola R. (2005) – “The Role of pavement permeability and satellite tracking in abating risks in hazmat road transportation”, 3rd international SIIV congress, Bari.

Praticò F.G., Ammendola R. (2006) – ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DI PAVIMENTAZIONI IN AREE A RISCHIO: STUDIO TEORICO E SPERIMENTALE DELLE PRESTAZIONI DI MISCELE BITUMINOSE A FRONTE DI SVERSAMENTI INQUINANTI, Congresso SIIV Cosenza.



(Alcuni) Supporti bibliografici



(*Alcuni*) Supporti bibliografici

- Boscaino G. (1994) – “La manutenzione delle pavimentazioni stradali: problemi e strategie di intervento”, Le strade.
- Boscaino G. (1998) - Relazione generale, II sessione: Manutenzione delle Infrastrutture viarie, VIII convegno nazionale SIIV, Milano.
- Boscaino G., Minnella A.I. , Praticò F.G., Vaiana R. . *L'analisi della tessitura stradale attraverso il sistema S.I.R.A.T.*, Atti Convegno Nazionale SIIV, Catania, 2000.
- Boscaino G., Praticò F.G., *Classification et inventaire des indicateurs de la texture superficielle des revêtements des chaussées*, rivista internazionale Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, Gennaio 2002. ISSN: 1269-1496.
- Boscaino G., Praticò F.G., *La tessitura e i requisiti funzionali delle pavimentazioni stradali*, Atti Convegno Infravia 2000, Verona, 10-13 Maggio 2000. Prima stesura come: Vademecum per la stima e l'interpretazione della tessitura in relazione ai requisiti funzionali delle pavimentazioni stradali.
- Boscaino G., Praticò F.G., *La tessitura superficiale delle pavimentazioni stradali, Parte I, Progetto di ricerca di rilevante interesse nazionale, 1998 – La manutenzione e la riabilitazione delle pavimentazioni stradali: La gestione e le tecniche di intervento*, Palermo, Ottobre 1999, Reggio Calabria 10.12.1999.
- Boscaino G., Praticò F.G., *Texture- Friction Correlation in Road Pavements*, 2nd International Colloquium on Vehicle Tyre Road Interaction – Friction Potential and Safety:prediction of handling behavior, Florence, February, 23rd 2001.
- Boscaino G., Praticò F.G., Vaiana R., Descrittori della tessitura superficiale di miscele bituminose “Smooth” e “Rough”, Convegno Internazionale SIIV Parma, 2002.
- Boscaino G., Praticò F.G., Vaiana R., *Spectral texture indicators significance in relation to flexible pavement surface performance*, XXII PIARC World Road Congress, 19-25 Oct 2003, Durban.
- Boscaino G., Praticò F.G., Vaiana R., *Texture indicators and surface performance in flexible pavements*, SURF 2004, PIARC 5-th International Symposium on pavement surface Characteristics – roads and airfields. Toronto, June 2004.
- Boscaino G., Praticò F.G., Vaiana R., Time-Dependent Surface Properties Of Asphalt Friction Courses: Earlier Experiments By A New Accelerated Test, 3rd SIIV International Congress – people, land environment and transport infrastrucutres – reliability and development, 22/09/2005 - 24/09/2005, Bari. ISBN 10: 88-902409-9-7; ISBN 13: 978-88-902409-9-7.

(Alcuni) Supporti bibliografici

- Boscaino G., Praticò F.G., Vaiana R., Tipologie di manto e prescrizioni sulle prestazioni superficiali, Quaderno AIPCR - Comitato tecnico C1 - Aderenza dei Manti Bituminosi, XIV Convegno Nazionale Stradale, Saint Vincent 26-29 giugno 2002.
- Boscaino G., Praticò F.G., Vaiana R., *Wearing courses intrinsic and extrinsic properties: experimental and theoretical research*, Rivista Le strade, special issue, anno 2003, ISSN: 0373-2916.
- Boscaino G., Praticò F. G., at alia, Catalogo prestazionale dei manti bituminosi superficiali, PRIN 2001, SIIV 2004 – II INTERNATIONAL CONGRESS - FLORENCE, OCTOBER, 27TH 29TH, 2004.
- Di Graziano A., Praticò F.G., Indicatori di aderenza e metodologie di misura, Quaderno AIPCR – Comitato tecnico C1 - Aderenza dei Manti Bituminosi, XIV Convegno Nazionale Stradale, Saint Vincent 26-29 giugno 2002.
- Paschina R., Praticò F.G., Il caso aeroportuale, Quaderno AIPCR – Comitato tecnico C1 - Aderenza dei Manti Bituminosi, XIV Convegno Nazionale Stradale, Saint Vincent 26-29 giugno 2002.
- Praticò F.G., Nonstrictly-Ergodic Signals In Road Roughness Analyses: A Theoretical And Experimental Study, – II INTERNATIONAL CONGRESS - FLORENCE, OCTOBER, 27TH 29TH, 2004.
- Praticò F.G., Ammendola R., ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DI PAVIMENTAZIONI IN AREE A RISCHIO: STUDIO TEORICO E SPERIMENTALE DELLE PRESTAZIONI DI MISCELE BITUMINOSE A FRONTE DI SVERSAMENTI INQUINANTI, Convegno SIIIV Cosenza. 2006.
- Praticò F.G., *Elementi per una sintassi efficace della manutenzione aeroportuale*, Rivista Le strade, Dicembre 2002-Gennaio 2003. LE STRADE. ISSN: 0373-2916.
- Praticò F.G., *La tessitura delle pavimentazioni aeroportuali: assiologia ed implicazioni terotecnologiche*, Convegno SIIV Cagliari, Ottobre 1999.
- Praticò F.G., Vaiana R., Soglie caratteristiche e tipologie di intervento, Quaderno AIPCR - Comitato tecnico C1 - Aderenza dei Manti Bituminosi, XIV Convegno Nazionale Stradale, Saint Vincent 26-29 giugno 2002.

Grazie per l'attenzione!

