



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA  
(DICAR)

Corso di laurea in Ingegneria civile e ambientale

Anno accademico 2016/2017 - 3° anno

---

## FONDAMENTI DI TRASPORTI

ICAR/05 - 6 CFU - 1° semestre

### Docente titolare dell'insegnamento

#### GIUSEPPE INTURRI

**Email:** giuseppe.inturri@unict.it

**Edificio / Indirizzo:** Edificio 3 - Polifunzionale - Piano 4 - Stanza 15 - via Santa Sofia 64, Catania

**Telefono:** 0957382220

**Orario ricevimento:** martedì 16-18, giovedì 16-18

---

### OBIETTIVI FORMATIVI

Lo scopo del corso è fornire le competenze necessarie per affrontare i problemi tipici dell'Ingegneria dei Trasporti con un approccio di tipo sistemico.

### PREREQUISITI RICHIESTI

Conoscenze di base di Analisi Matematica e Fisica

---

### FREQUENZA LEZIONI

Lo studente è tenuto a frequentare almeno il 70% delle lezioni del corso, Regolamento Didattico del CLM in Ingegneria Civile e Ambientale, l'iscrizione al corso è obbligatoria sul sito [studium.unict.it](http://studium.unict.it).

---

### CONTENUTI DEL CORSO

1 INGEGNERIA DEI TRASPORTI 1.1 Introduzione 1.2 Il processo di Pianificazione dei Trasporti 1.2.1 Pianificare per la mobilità, pianificare per l'accessibilità 1.2.2 La mobilità sostenibile 1.3 I paradossi nei trasporti 1.3.1 Il paradosso di Braess 1.3.2 Il paradosso di Down-Thomson 1.3.3 Il dogma della velocità 2 TRASPORTI E MODI DI TRASPORTO 2.1 Trasporti su via d'acqua, su strada, su ferrovia, aerei. 2.2 Trasporto intermodale. 2.3 Mobilità pedonale e ciclistica. 3 DOMANDA DI TRASPORTO. 3.1 Zonizzazione. 3.2 Matrice O-D. 3.3 Stima con indagini dirette e con modelli matematici, descrittivi e comportamentali. 3.4 Modelli di scelta discreta. 3.5 Modello a quattro stadi. 3.6 Esercizi per la stima della domanda 4 OFFERTA DI TRASPORTO. 4.1 Cenni di teoria dei grafi. 4.2 Reti di trasporto privato e collettivo. 4.3 Funzioni di costo. 4.4 Algoritmo di Dijkstra. 5 TEORIA DEL DEFLUSSO. 5.1 La capacità di una strada. 5.2 Modello di Greenshields. 5.3 Livello di servizio di una strada. 6 INTERAZIONE DOMANDA E OFFERTA. 6.1 Modelli di assegnazione. 6.2 Calcolo dei flussi di percorso. 6.3 Modelli di carico della rete e modelli di

equilibrio dell'utente. 7 EQUILIBRIO DELLE RETI. 7.1 User Equilibrium: esempi e risoluzione grafica. 7.2 Principi di Wardrop. 7.3 Trasformazione di Beckmann. 7.4 Reti User Optimized e System Optimized. 7.5 Tariffa ottima. 7.6 Algoritmi di assegnazione 8 MECCANICA DELLA LOCOMOZIONE. 8.1 Aderenza. 8.2 Resistenze al moto. 8.3 Motori termici e motori elettrici. 8.4 Prestazioni meccaniche dei veicoli stradali e ferroviari 8.5 Motore ideale ed elasticità del motore. 8.6 Consumi. 8.7 Esercitazioni. 9 SISTEMI DI TRASPORTO COLLETTIVO 9.1 Classificazione dei SdTC 9.2 Criteri di progettazione dei SdTC 10 SEMINARI 10.1 Strumenti di micro e macro simulazione delle reti di trasporto. 10.2 Simulazione dei sistemi complessi

---

## TESTI DI RIFERIMENTO

Dispense del corso fornite dal docente, disponibili su  
<http://studium.unict.it/dokeos/2016/main/document/document.php?cidReq=1001002C1>

Marino de Luca, Manuale di Pianificazione dei trasporti, Franco Angeli

Vukan Vuchic, Urban Transit Systema and Technology, Wiley

Juan Ortuzar e Luis Willumsen, Pianificazione dei sistemi di trasporto, Hoepli

Stefano Ricci, Tecnica ed Economia dei Trasporti, Hoepli

## ALTRO MATERIALE DIDATTICO

<http://studium.unict.it/dokeos/2016/main/document/document.php?cidReq=1001002C1>

---

## PROGRAMMAZIONE DEL CORSO

	<b>* Argomenti</b>	<b>Riferimenti testi</b>
1	INGEGNERIA DEI TRASPORTI	Dispense del corso
2	TRASPORTI E MODI DI TRASPORTO	Dispense del corso; Ricci, pp1-20
3	* DOMANDA DI TRASPORTO	Dispense del corso; de Luca, pp131-148
4	* OFFERTA DI TRASPORTO	Dispense del corso; de Luca, pp159-174
5	* INTERAZIONE DOMANDA E OFFERTA	Dispense del corso; de Luca, pp182-199; Approfondimenti su studium_unict /Reti di trasporto
6	* EQUILIBRIO DELLE RETI	Dispense del corso; Ortuzar e Willumsen, pp331-340
7	* MECCANICA DELLA LOCOMOZIONE	Dispense del corso; Ricci, pp23-60
8	* SISTEMI DI TRASPORTO COLLETTIVO	Dispense del corso; Vuchic, pp45-90; Approfondimenti su studium_unict/Sistemi di trasporto collettivo

---

9	SEMINARI SU SIMULAZIONE SISTEMI DI TRASPORTO	Dispense del corso
10	MOBILITA' SOSTENIBILE	Dispense del corso; Approfondimenti su studium_unict/Mobilità sostenibile

\* Conoscenze minime irrinunciabili per il superamento dell'esame.

**N.B.** La conoscenza degli argomenti contrassegnati con l'asterisco è condizione necessaria ma non sufficiente per il superamento dell'esame. Rispondere in maniera sufficiente o anche più che sufficiente alle domande su tali argomenti non assicura, pertanto, il superamento dell'esame.

## VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

### MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

L'esame è un colloquio orale. Consiste nella verifica in un'unica prova della conoscenza teorica e pratica degli argomenti svolti durante il corso. In particolare è necessario dare prova della capacità di risoluzione di semplici problemi di calcolo dei flussi di una rete di trasporto, di meccanica della locomozione e di progetto di una linea di trasporto collettivo.

### PROVE IN ITINERE

non ci sono prove in itinere

### PROVE DI FINE CORSO

non ci sono prove di fine corso

### ESEMPI DI DOMANDE E/O ESERCIZI FREQUENTI

Paradossi nei trasporti

- Braess
- Downs-Thomson

Analisi della domanda

- Definizione e unità di misura di domanda di mobilità
- Le 5 fasi dello studio sulla mobilità di un'area
- Area di studio e area di piano
- Zonizzazione dell'area di studio
- Rappresentazione della domanda di trasporto
- Matrice OD
- Stima della domanda con indagini dirette
- Stima della domanda con modelli matematici
- Stima della matrice OD con un modello gravitazionale
- Modelli statistico descrittivi e modelli comportamentali
- Teoria dell'utilità aleatoria
- Modello logit
- Modelli di domanda di trasporto a 4 stadi

- Modello di emissione
- Modelli di distribuzione
- Modello di scelta modale
- Modello di scelta del percorso

#### Analisi dell'offerta

- Definizione di modello di offerta
- Teoria dei grafi, meccanica della locomozione, ingegneria del traffico
- Definizione di grafo
- Matrice di adiacenza, di incidenza nodo-archi, di incidenza archi-percorsi
- Definizione di percorso e di circuito
- Grafo connesso e grafo completo
- Albero di radice i
- Differenza grafo e rete
- Indice di connettività di una rete
- Nodi reali e nodi fittizi, archi reali e archi fittizi
- Grafo di una rete di TC
- Costo generalizzato di trasporto
- Costo di un arco e funzioni di costo di un arco
- Archi congestionati e non congestionati
- Funzioni di costo del trasporto stradale
- Funzioni di costo del trasporto collettivo

#### Teoria del deflusso

- Relazione fondamentale del traffico stradale
- Modello di Greenshields
- Portata massima teorica
- Livello di servizio di una strada

#### Modelli di assegnazione

- Modello network loading (diagramma a blocchi)
- Modello user equilibrium (diagramma a blocchi)
- Classificazione modelli di assegnazione

#### Equilibrio reti e algoritmi di assegnazione

- Definizione di user equilibrium
- Principi di Wardrop
- Formulazione di Beckmann
- Esempi di soluzione analitica e grafica del problema di equilibrio con la formulazione di Beckmann
- Rete utente ottimizzata e sistema ottimizzata (esempi)
- Calcolo della tariffa ottima
- Algoritmi per la soluzione dei problemi di equilibrio
  - AoN
  - AoN con smorzamento
  - Assegnazione incrementale

- MSA
- Algoritmo di Dijkstra

## Meccanica della locomozione

- Condizione meccaniche per il moto
- Aderenza stradale e ferroviaria
- resistenze al moto
- equazione generale del moto
- resistenze ordinarie e accidentali
- resistenze e potenza (alle ruote e del motore)
- resistenze ordinarie
  - rotolamento
  - aerodinamica
  - resistenze accidentali
    - livelletta (pendenza max)
    - inerzia (accelerazione max)
    - in curva
- formule globali veicoli ferroviari
- formule globali veicoli stradali
- esercizi
  - resistenze al moto autovettura (con vento contrario)
  - pendenza max autovettura nota velocità, potenza e coeff aderenza (per verifica non superamento aderenza)
  - carico max autocarro noto peso a vuoto, pendenza, velocità e potenza assorbita
  - accelerazione max autovettura
  - peso aderente minimo nota variazione velocità e pendenza
  - potenza treno noti  $L, Q, V, i, R_c$
  - velocità max treno noti  $L, Q, i, N$ ,
  - spazio di frenatura treno, noti  $L, Q, f_{ad}, k_a, V$
  - peso aderente locomotiva per trainare  $Q$ , noti con  $R_c$  e  $i$
- curve caratteristiche del motore
- $N=f(C,n)$
- Numero di giri con coppia max
- Motore ideale
- Curve caratteristiche del veicolo
- Stabilità del motore
- Elasticità del motore
- Trasmissione meccanica
- Consumi
- Esercizi
  - Velocità a regime e verifica di aderenza, noti,  $P, f_{ad}, P_a, N, \text{rend.mecc.}, i$
  - Consumo energia treno noti,  $L, Q, \text{dist}, \Delta t, \Delta h, R_c, \text{rend.mecc.}, \text{rend.pantog}, \text{rend.mot}$

## Sistemi di trasporto collettivo

- elementi di base di un SdTC

- Tipo di sede
  - Tecnologia (supporto, guida, propulsione, controllo)
  - Livello di diffusione
  - Le 5 Fasi della pianificazione di un sdtc
  - Definizioni di linea, percorso, rete, lunghezza linea, lunghezza rete
  - Definizione UdT, frequenza esercizio, flotta, dimensione flotta, intertempo
  - Definizione capacità veicolo, capacità linea, capacità utilizzata, fattore di carico, lavoro di trasporto prodotto, lavoro di trasporto utilizzato, fattore di utilizzazione del lavoro
  - Calcolo frequenza e intertempo servizio
  - Calcolo dimensione flotta
  - Calcolo frequenza con metodo diagramma di carico
  - Calcolo frequenza con metodo frequenza ottima
  - Minimizzazione tempo di percorrenza di una linea ( $v=f(s_c, a_m)$ )
  - Distanza minima tra le fermate per avere  $v_{max}$
  - Distanza ottima tra le fermate
  - Relazione tra frequenza e forma della rete
  - Forma rete e caratteristiche della città
  - Criteri di progettazione della rete
  - Relazione densità urbana e uso tpi
-