ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
1ª SESSIONE 2019

Sezione A
1ª Prova scritta per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema Unico

Le trasformazioni energetiche nei processi industriali e di trasporto. Il candidato ne illustri gli aspetti generali ed approfondisca le tematiche con riferimento ad esemplificazioni correlate al proprio percorso formativo.

Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, la chiarezza dell'esposizione, l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica e la capacità di sintesi.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
1ª SESSIONE 2019

Sezione A
2ª Prova scritta per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema N° 1

Considerando un impianto produttivo elettrochimico a scelta del candidato si espongano i criteri progettuali del processo evidenziando nell'approccio metodologico:

i) le leggi in gioco per definire: potenzialità dell'impianto, efficienza, consumi energetici e costi,
ii) l'identificazione dei parametri elettrochimici principali di processo,
iii) la scelta dei materiali,
iv) il disegno di cella.

Il candidato presenti uno schema preliminare di impianto indicante le operazioni unitarie principali, i flussi di materia e energia, per inquadrare, le apparecchiature, la necessità di servizi esterni ed eventuali aspetti legati alla sicurezza del processo.

Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, la chiarezza dell'esposizione, l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica e la capacità di sintesi.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1ª SESSIONE 2019

Sezione A
2ª Prova scritta per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-20, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema N° 2

Un'azienda manifatturiera è attualmente allacciata alla rete elettrica di distribuzione in MT a 15 kV, 50 Hz. I carichi, misti monofasi (230 V) e trifasi (400 V), sono alimentati da cabina di trasformazione utente mediante due linee in partenza dal quadro BT della cabina rispettivamente per i quadri servizi generali e motori.

A seguito di ampliamento e diversificazione dell'attività produttiva, da realizzarsi in un nuovo capannone industriale, si rende disponibile energia termica, che si intende utilizzare per l'autoproduzione di energia elettrica, ed una copertura idonea ad ospitare un impianto fotovoltaico.

La nuova attività produttiva prevede un quadro utenze, con esigenze di continuità assoluta di alimentazione e di un sistema di alimentazione di emergenza che includa anche il quadro servizi generali.

Il candidato produca una relazione tecnica progettuale preliminare in cui siano evidenziati:

1. Lo schema elettrico della rete di distribuzione attuale dal punto di consegna MT al quadro principale BT con le relative partenze.

2. Gli interventi richiesti, per adattare la rete di distribuzione alle nuove esigenze produttive, includendo le nuove fonti energetiche, con possibilità di funzionamento in isola con alimentazione del nuovo quadro e di quello dei servizi generali.

3. I criteri di progettazione e le modalità di funzionamento delle apparecchiature di potenza, protezione e controllo installate.

Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, la chiarezza dell'esposizione, l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica e la capacità di sintesi.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
1ª SESSIONE 2019

Sezione A
2ª Prova scritta per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema N° 3

Nella progettazione degli impianti industriali e meccanici assumono particolare rilievo i temi HSE (Health Safety Environment). Il candidato, con riferimento al proprio percorso di studi, discuta quali riferimenti normativi, tecnici e procedurali sono adottati nel processo di progettazione al fine di garantire il rispetto delle norme di sicurezza e controllare l'impatto ambientale dei prodotti e processi produttivi. Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, la chiarezza dell'esposizione, l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica e la capacità di sintesi.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
1ª SESSIONE 2019

Sezione A
2ª Prova scritta per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema N° 4

Nella progettazione di un impianto a servizio di un edificio civile o industriale occorre dimensionare i sottosistemi di generazione del vettore energetico, di distribuzione, regolazione ed emissione dell'apporto termico alle utenze. Il candidato esponga i criteri progettuali di base, le specifiche e le principali normative di settore, con riferimento alle principali tipologie impiantistiche tradizionali ed innovative. Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, la chiarezza dell'esposizione, l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica e la capacità di sintesi.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
1ª SESSIONE 2019

Sezione A
2ª Prova scritta per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema N° 5

Il candidato illustri i principali criteri progettuali adottati nella progettazione navale e nautica finalizzati alla minimizzazione dell'impatto ambientale facendo anche riferimento, quando opportuno, alle specifiche normative del settore.

Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, la chiarezza dell'esposizione, l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica e la capacità di sintesi.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
1ª SESSIONE 2019

Sezione A
2ª Prova scritta per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema N° 6

Un'Amministrazione Pubblica deve redigere il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) riferito ad un'area geografica di medie dimensioni, che comprende una città capoluogo di circa 500.000 abitanti e alcuni comuni distribuiti nell'area di interesse (con distanze tra capoluogo e comuni nell'intervallo 5-30 km). Sono presenti infrastrutture stradali (urbane, interurbane e autostradali) e infrastrutture ferroviarie che collegano i vari comuni con il capoluogo. Nella città principale (capoluogo) sono presenti due linee di metropolitana.

Il candidato descriva uno o più interventi che l'Amministrazione Pubblica può inserire in tale Piano per migliorare sensibilmente la mobilità e la sostenibilità di essa e per ciascuno di essi descriva le azioni, i modelli e i processi che devono essere definiti e attivati per mettere in pratica tali interventi. A tale proposito, si facciano tutte le ipotesi che si ritengono necessarie per inquadrare meglio il contesto di mobilità che rappresenta lo stato attuale del sistema.

Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, la chiarezza dell'esposizione, l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica e la capacità di sintesi.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
1ª SESSIONE 2019

Sezione A
Prova progettuale per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema N° 1

Si consideri una mensa universitaria di superficie pari a 250 m^2 con 120 posti a sedere, allocata in un edificio a Genova risalente agli anni '70. Il volume dell'ambiente è pari a 1100 m^3, con un rapporto superficie disperdente su volume pari a 0.4. Occorre progettare un impianto a servizio della mensa, che si occupi del riscaldamento invernale, del raffrescamento estivo, del rinnovo d'aria e della produzione di acqua calda sanitaria. Il candidato si avvalga di una procedura semplificata per il calcolo dei fabbisogni energetici, con riferimento a valori di trasmittanze termiche dell'involucro opaco e trasparente in linea con la tipologia edilizia tipica del periodo di costruzione e a condizioni climatiche relative al Comune in esame. Tutte le assunzioni vanno opportunamente giustificate e circostanziate. Il candidato scelga una tipologia impiantistica in grado di soddisfare l'utenza, non trascurando l'obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili in edifici sottoposti a ristrutturazione secondo la normativa vigente, e proceda al dimensionamento di massima dei sistemi di produzione, distribuzione ed emissione del/dei vettori energetici in ambiente. Il candidato proponga infine un confronto tra diverse tipologie impiantistiche sulla base di una analisi di convenienza energetica ed economica.
Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, la chiarezza dell'esposizione, l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica e la capacità di sintesi.

Prova progettuale per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema n. 2

Un impianto di alimentazione del carbone per una centrale termoelettrica ha lo schema riportato in figura 1.

N = Nastro
CSU = Continuous ship unloader
TR = Tripper car
D = Dome
BK = Bunker
STA = Stacker
REC = Reclaimer

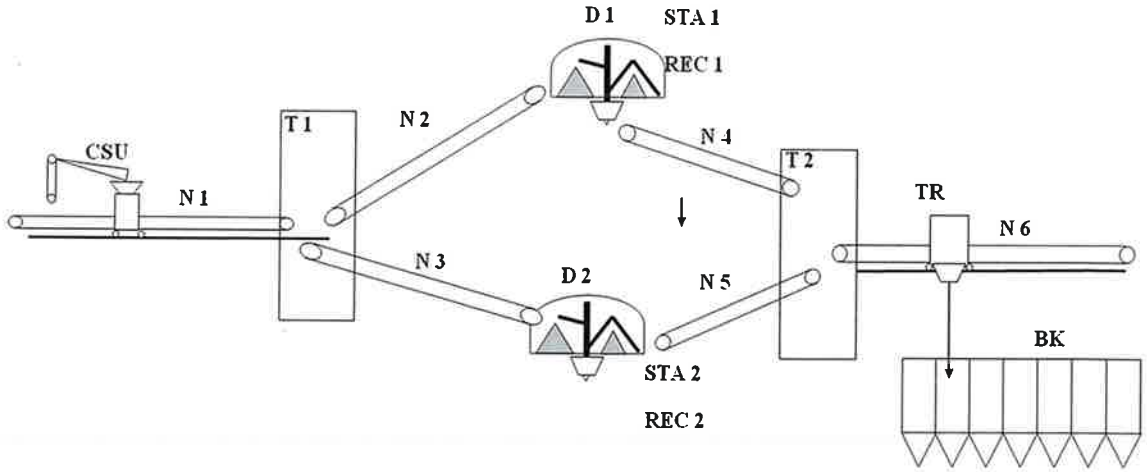


Figura 1 – Schema Impianto Trasporto Carboni

La centrale può quindi venire alimentata in differenti modalità essendo i due rami asserviti ai due dome di stoccaggio pienamente indipendenti e perfettamente ridondati. In più nei due dome D1 e D2 è presente un accumulo di carbone che permette la marcia della centrale per diversi giorni anche in assenza di rifornimento di carbone dalla banchina portuale. La quantità, invece di carbone, contenuta nei bunker BK è sufficiente solo per alcune ore di funzionamento e non può quindi essere ritenuta una riserva di funzionamento.

Poiché il rischio incendio in tale impianto è una eventualità tutt'altro che remota le torri di smistamento dei nastri carbone T1 e T2 sono equipaggiate con alcuni sistemi di sicurezza che si riportano in figura 2 che devono essere funzionanti per garantire un adeguato livello di protezione.

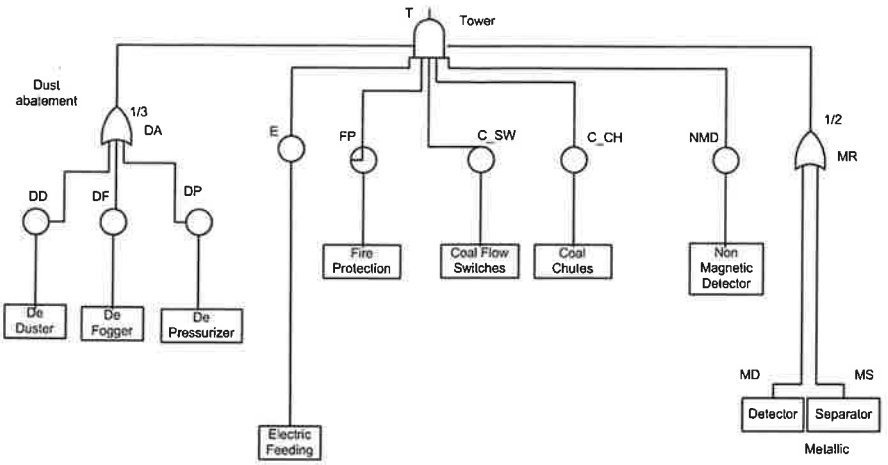


Figura 2 – Sistemi di sicurezza torri di smistamento T1 e T2

Ipotizzando che l'alimentazione elettrica sia sempre disponibile sono noti i tassi di guasto (lambda) dei componenti di protezione di ciascuna torre di cui alla tabella 1. SI indica come K/N il numero di componenti minimi per il funzionamento del gruppo logico, il valore di -1 indica assenza di ridondanza. Il tasso di ore equivalenti è indicato nella tabella 1;

SCENARIO: TOWER (TOR-)

ELEMENT	COMPONENT	FAILURE RATE	K/N	EQ. HOURS	DESCRIPTION
TOR-T	TOR-Tower	-1	-1	1	
TOR-DD	TOR-Deduster	0.0016004	-1	1	
TOR-DF	TOR-Defogger	0.00000256	-1	1	
TOR-DP	TOR-Depressurizer	0.0016004	-1	1	
TOR-DA	TOR-Dust abatement system	-1	1	1	
TOR-E	TOR-Electric feeding	2.85388E-05	-1	1	
TOR-FP	TOR-Fire protection	0.000015	-1	1	
TOR-C_CH	TOR-Coal chutes	0.000005	-1	1	
TOR-NMD	TOR-Non magnetic detector	0.000003	-1	1	
TOR-MR	TOR-Metal removal system	-1	1	1	
TOR-MD	TOR-Metal detector	0.000003	-1	1	
TOR-MS	TOR-Metal separator	0.000003	-1	1	

Tabella 1 – Tassi di Guasto Torre di Smistamento dati in [h^{-1}]

Considerando i dati dell'impianto come riportati nella tabella 2 il candidato provveda a:

Potenzialità Centrale	1.9 TW
Consumo Annuo Carbone	4.5 Mt
Ore di Funzionamento annuo	7500 h
Lunghezza N1	250 m
Lunghezza N2	400 m
Lunghezza N3	350 m
Lunghezza N4	200 m
Lunghezza N5	270 m
Lunghezza N6 (tripper car)	36 m
Capacità D1 eD2 (cadauno)	138000 t
Autonomia con D1 e D2 a pieno carico	18 giorni
Inclinazione nastro N2	8°
Inclinazione nastro N3	12°
Inclinazione nastro N4	2°

Inclinazione nastro N5	3°
Densità apparente del carbone	750 kg/mc
Massa Rulli stazione di andata (a conca 35°)	280 kg/stazione
Massa Rulli stazione di ritorno (autoc. 10°)	73 kg/stazione
Max Capacità portante stazione andata	11500 kg
Coefficiente attrito nastro/tamburo	0.35
Angolo di avvolgimento massimo tamburo	270°
Massimo carico longitudinale per tela	3500 N/mm
Peso copertura nastro	15 kg/mq
Peso medio di una tela	4 kg/mq
Coefficiente attrito volvente cuscinetti	0.03

Tabella 2 – Dati di Calcolo

dimensionare l'impianto di trasporto carbone limitatamente ai nastri trasportatore determinando larghezza e velocità di ogni singolo tappeto N1-N6, tensioni massime e minime longitudinali anche con riferimento alla tabella 3 e 4 ed alla figura 3.

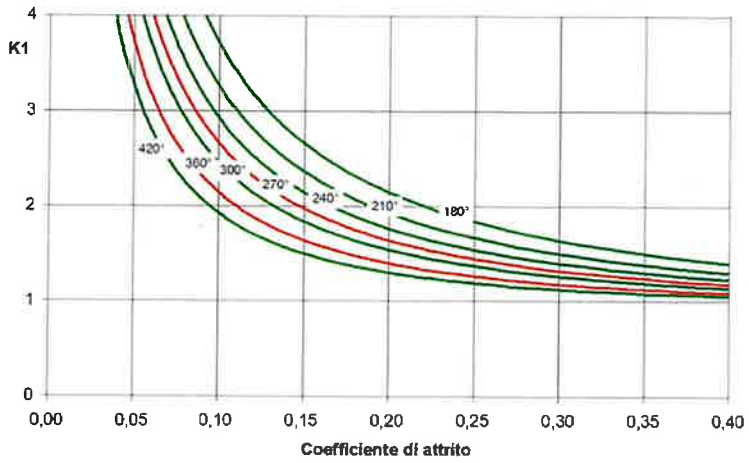
Larghezza	Velocità del nastro [m/s]														
[mm]	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4
300	9	14	19	23	28	33	37								
400	17	25	34	42	51	59	68	76	84						
500	27	41	54	68	81	95	108	122	135	149	162				
600	40	60	79	99	119	139	159	179	199	219	238				
700	56	83	111	139	167	194	222	250	278	305	333	361	389		
800	74	111	148	185	222	259	296	333	369	406	443	480	517		
900	95	143	190	238	286	333	381	429	476	524	571	619	667	714	762
1000	120	180	239	299	359	419	479	539	599	658	718	778	838	898	958
1100	147	221	294	368	441	515	589	662	736	809	883	956	1030	1104	1177
1200	178	267	356	446	535	624	713	802	891	980	1069	1158	1247	1337	1426
1300	213	319	425	531	638	744	850	956	1063	1169	1275	1382	1488	1594	1700

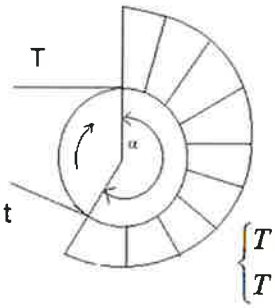
354	Campo di velocità per materiali fortemente abrasivi
709	Campo di velocità per materiali mediamente abrasivi
992	Campo di velocità per materiali in polvere o poco abrasivi

Tabella 3 – Portata dei nastri in [t/h]

Inclinazione del nastro	≤ 3°	4°	8°	12°	16°	20°	22°	24°	26°	28°	30°
Coeff. di riduzione della portata K	1	0,99	0,97	0,93	0,89	0,81	0,76	0,71	0,66	0,61	0,56

Tabella 4 – Coefficienti di Riduzione portata





$$\begin{cases} T \le t \cdot e^{f\alpha} \\ T - t = P_{tot} \end{cases}$$

$$T = P_{tot} \cdot \left(1 + \frac{1}{e^{f\alpha} - 1}\right) = P_{tot} \cdot K_1$$

$$t = P_{tot} \cdot \frac{1}{e^{f\alpha} - 1} = P_{tot} \cdot K_2$$

$$\text{con } K_2 = K_1 - 1$$

P_{tot} = *forza necessaria per il movimento del trasportatore carico*

Figura 3 – Calcolo Tensioni minime e massime nel nastro

Valutare il tasso di guasto complessivo dell'intero impianto assumendo per ogni nastro trasportatore un tasso di guasto lambda pari a 0.00001 [h^{-1}] per ogni km e determinando analiticamente il tasso di guasto di ogni torre di smistamento.
Volendo, infine realizzare una disponibilità complessiva di impianto maggiore del 86% (Av%) determinare il tempo massimo di intervento (MTTR) ammissibile ipotizzando che i componenti siano in generale nella fase di vita utile e che si possa approssimare il tempo medio tra i guasti (MTBF) come inverso del tasso di guasto complessivo.

Il candidato assuma, giustificandolo, ogni dato ritenuto utile per l'esecuzione della progettazione che dovrà essere redatta in forma di Relazione Tecnica.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
1a SESSIONE 2019

Sezione A
Prova progettuale per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-20, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

TEMA N° 3

Un impianto industriale richiede la fornitura di energia elettrica per l'alimentazione delle utenze costituite da:

- Servizi generali, tensione nominale 400 V, 50 Hz miste monofase (230 V), trifase 400 V con potenza installata complessiva pari a 15 kW.

- Azionamento a velocità variabile, servizio continuo, con le seguenti specifiche del carico meccanico:
  - ✓ Coppia meccanica C1 = 250 Nm per velocità $500 \leq \omega \leq 1500$ giri/1';
  - ✓ Coppia meccanica C2 = 100 Nm per velocità $1500 < \omega \leq 3000$ giri/1'

  L'azionamento deve consentire al motore di operare nei quattro quadranti coppia/velocità con gli stessi profili di coppia e campi di velocità, come valori assoluti, sopra indicati consentendo il recupero dell'energia nelle fasi di frenatura.
  Il motore deve inoltre poter funzionare alimentato direttamente alla tensione di 400 V in caso di avaria della sezione di conversione.

- Carichi alimentati con tensione continua variabile fra 200 e 400 V e corrente massima pari a 50 A.

Il candidato rediga una relazione tecnica progettuale contenente:

1. La valutazione della potenza elettrica contrattuale da richiedere alla società distributrice.
2. Lo schema della rete di distribuzione dal punto di consegna, posto nel quadro generale, evidenziando i quadri servizi generali, azionamento ed alimentazione in continua completi dei dispositivi di manovra e protezione e corredati dai criteri adottati per le scelte;
3. Il dimensionamento dei quadri indicati con tutti i dispositivi di potenza e protezione installati;
4. Il dimensionamento del cavo di collegamento dal quadro generale al quadro con tensione continua distante 30 m e del sistema di rifasamento al valore di fattore di potenza pari a 0.95 (induttivo) del quadro in continua nelle condizioni più impegnative;
5. La struttura del sistema di controllo idoneo ad effettuare le regolazioni richieste all'azionamento.

Il candidato assuma sulla base della normativa tecnica consolidata gli ulteriori dati ritenuti necessari per la progettazione.
Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, l'idoneità delle soluzioni tecniche adottate, la chiarezza dell'esposizione e l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
1ª SESSIONE 2019

Sezione A

Prova Progettuale per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema n. 4

É necessario trasportare via mare 5 costruzioni in acciaio aventi le dimensioni riportate in Figura 1 e spessore delle lamiere pari a 20 mm.

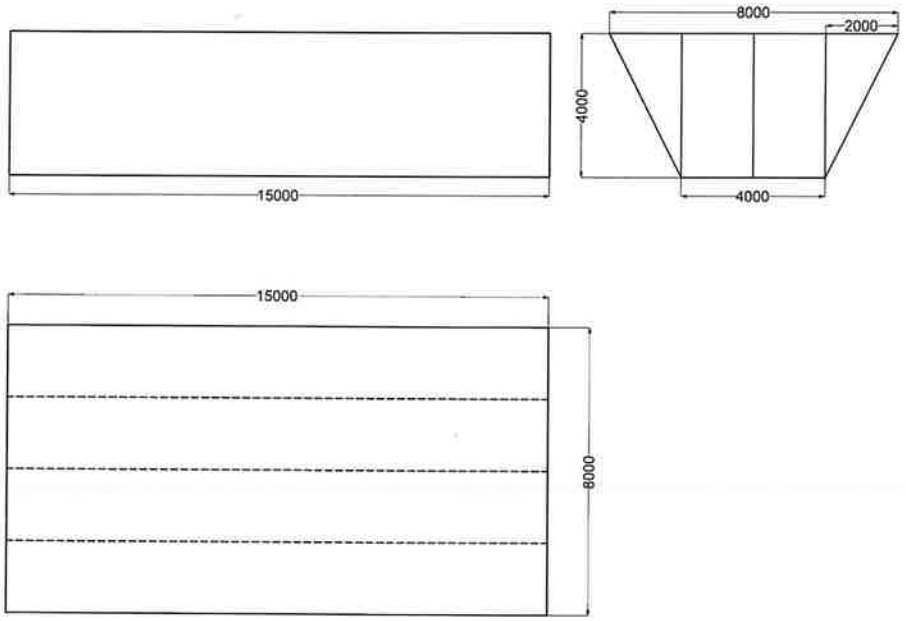


Figura 1 Dimensioni carico unitario da trasportare

Le parti in acciaio posso essere impilate in pile di massimo due componenti ed attorno ad esse su ogni lato vi deve essere uno spazio libero di almeno 1 metro per operazioni di rizzaggio.
Si richiede di progettare (tenendo conto di aspetti strutturali e di stabilità) una chiatta non autopropulsa adatta allo scopo. Lunghezza e larghezza della chiatta così come la compartimentazione interna e tutte le quote riportate in Figura 2 sono da considerarsi fissate. L'altezza di costruzione è invece un parametro progettuale che deve essere determinato dal candidato tenendo conto anche della Tabella A allegata.

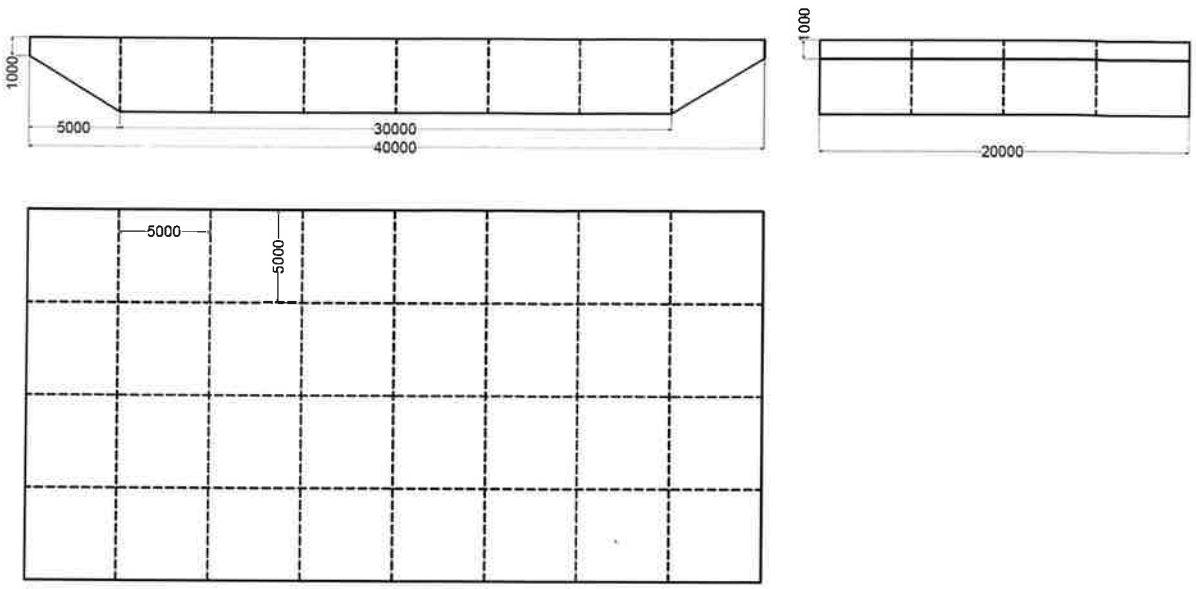


Figura 2 Dimensioni chiatta

Per il progetto della chiatta è richiesto al candidato di:

- Dimensionare con calcoli diretti le strutture tenendo conto dei carichi locali includendo tutti i rinforzi necessari non presenti nel disegno. Riportare i risultati in opportuni disegni ed in forma tabulare.
- Determinare una configurazione del carico in coperta e di eventuale zavorramento considerando che durante la navigazione la chiatta dovrà essere trasversalmente dritta e appoppata di 0.5°.
- Verificare la sezione maestra per le sollecitazioni globali agenti in acqua tranquilla per la condizione di carico identificata al punto precedente.
- Determinare una sequenza di caricazione e zavorramento (numerare i compartimenti da prua a poppa e da sinistra a dritta) tenendo conto che:
    - La portata massima della gru di banchina è pari a 100 t
    - La gru può prendere in forza il carico solo se esso è perfettamente orizzontale.

Giustificare in maniera approfondita ogni passaggio ed ogni assunzione fatta. Riportare i risultati nel modo più sintetico e chiaro possibile. Ogni risultato numerico privo di unità di misura verrà considerato errato.

Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, la chiarezza dell'esposizione, l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica e la capacità di sintesi.

Table A

Freeboard Table for Type 'A' Ships

Length of ship (metres)	Freeboard (millimetres)	Length of ship (metres)	Freeboard (millimetres)	Length of ship (metres)	Freeboard (millimetres)
24	200	60	573	96	1074
25	208	61	587	97	1089
26	217	62	600	98	1105
27	225	63	613	99	1120
28	233	64	626	100	1135
29	242	65	639	101	1151
30	250	66	653	102	1166
31	258	67	666	103	1181
32	267	68	680	104	1196
33	275	69	693	105	1212
34	283	70	706	106	1228
35	292	71	720	107	1244
36	300	72	733	108	1260
37	308	73	746	109	1276
38	316	74	760	110	1293
39	325	75	773	111	1309
40	334	76	786	112	1326
41	344	77	800	113	1342
42	354	78	814	114	1359
43	364	79	828	115	1376
44	374	80	841	116	1392
45	385	81	855	117	1409
46	396	82	869	118	1426
47	408	83	883	119	1442
48	420	84	897	120	1459
49	432	85	911	121	1476
50	443	86	926	122	1494
51	455	87	940	123	1511
52	467	88	955	124	1528
53	478	89	969	125	1546
54	490	90	984	126	1563
55	503	91	999	127	1580
56	516	92	1014	128	1598
57	530	93	1029	129	1615
58	544	94	1044	130	1632
59	559	95	1059	131	1650

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
1ª SESSIONE 2019

Sezione A
Prova progettuale per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema N° 5

Per far fronte alle crescenti limitazioni sull'impatto ambientale di navi passeggeri all'interno di aree costiere protette si deve progettare un sistema di approvvigionamento energetico a zero emissioni.
Il sistema prevede di utilizzare idrogeno stoccato in bombole ad elevata pressione prodotto durante la navigazione attraverso un processo di steam-reforming (SR) a partire da gas naturale sotto forma liquefatta, normalmente utilizzato per la propulsione navale.
La miscela riformata viene quindi alimentata ad una cella a combustibile a membrana polimerica che opera con idrogeno avente contenuto limite di monossido di carbonio pari a 0,2 ppm.
Nel gas naturale possono essere presenti tracce di contaminanti da rimuovere per evitare la disattivazione dei catalizzatori impiegati nei processi successivi.

La composizione del gas in uscita dal reattore di steam reforming (800°C e 50 bar) è:

Composizione (%Vol) del gas in uscita dal reattore di SR	
Idrogeno (H_2)	76.0
Monossido di Carbonio (CO)	12.0
Anidride carbonica (CO_2)	10.0
Metano (CH_4)	1.3
Vapore	0.7

Attraverso un successivo processo di water gas shift (WGS) si vuole ridurre il contenuto di CO allo 0,5%.
Per ottimizzare il processo di WGS si prevedono due reattori catalitici, il primo (con catalizzatore Fe_2O_3/Cr_2O_3 attivo a 450°C) operante a temperatura superiore rispetto al secondo (con catalizzatore Cu/ZnO attivo a 200°C).

Per contenere il CO entro il limite consentito si opera un adsorbimento selettivo (pressure swing adsorption – PSA). Tale processo nella fase di desorbimento produce un gas (tail-gas) ad elevato potere calorifico conseguente ad un'efficienza del processo PSA pari all'80%.

Sulla base di quanto esposto Il/la candidato/a:

1. proponga possibili pretrattamenti del gas naturale, per rendere la carica compatibile con il processo descritto;

2. al fine di ottenere una portata di idrogeno pari a 100 Nm^3/h, considerando la termodinamica delle reazioni e il reattore di SR adiabatico:

- calcoli la portata di gas naturale da riformare;
- calcoli la portata di gas naturale utilizzato per sostenere termicamente il processo di SR;
- calcoli la quantità di vapore necessaria per lo steam-reforming con un rapporto steam to carbon 3:1, adatto ad evitare impaccamento del letto catalitico;

3. descriva il processo nel suo complesso, con eventuali ricircoli, richiamando le reazioni principali, le apparecchiature necessarie e facendo le possibili considerazioni sulle più convenienti condizioni di lavoro di ciascuna di esse e disegni il layout di massima dell'impianto considerando anche i sistemi ausiliari;

4. dimensioni i reattori di WGS tenendo conto che: i) i reattori siano di tipo isotermo tubolare a letto fisso plug flow reactor (PFR), ii) il diametro reattori sia 0,8 m.
   Per il dimensionamento dei reattori si utilizzino i dati cinetici sperimentali riportati in Tab 1 e Tab 2 ottenuti su reattori batch rispettivamente a media e bassa temperatura.

Tab 1
Valori di conversione CO in funzione del tempo per reattore batch con catalizzatore a base di Fe (T=450°C)

Conc. CO (Vol%)	t (s)
12	0,00
10	0,15
8	0,33
6	0,56
4	0,89
3	1,13
2	1,46

Tab 2
Valori di conversione CO in funzione del tempo per reattore batch con catalizzatore a base di Cu (T= 200°C)

Conc. CO (Vol%)	t (s)
2	0,00
1,6	0,35
1,2	0,80
1	1,09
0,8	1,44
0,6	1,90
0,5	2,18

Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, la chiarezza dell'esposizione, l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica e la capacità di sintesi.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
1ª SESSIONE 2019

Sezione A
Prova pratica di progettazione per l'abilitazione alla professione di ingegnere

Settore Industriale

(Classi: 25/S, 26/S, 27/S, 29/S, 31/S, 33/S, 34/S, 36/S, 37/S, 61/S, LM-21, LM-22, LM-25, LM-26, LM-28, LM-30, LM-31, LM-33, LM-34, LM-53)

Tema N° 6

L'amministrazione di un centro urbano di piccole dimensioni intende pianificare i servizi di trasporto all'interno di un'area geografica di circa 30 km2. L'area presa in considerazione è illustrata in figura 1, dove è anche riportata la rete stradale principale in base alla quale effettuare la pianificazione. L'area è suddivisa in tre zone A, B e C mentre la rete stradale è costituita da 12 nodi e 19 archi bidirezionali. Le specifiche dimensionali delle zone A, B e C e la lunghezza degli archi della rete stradale sono riportati rispettivamente nella tabella 1 e nella tabella 2.

Al Candidato è richiesto di determinare il valore di alcuni parametri del servizio di trasporto pubblico (scegliendoli opportunamente all'interno di intervalli di valori predefiniti) in modo da avere il 20% di utenti che utilizzano tale servizio *(Parte 1)* e di progettare, per una specifica intersezione stradale, la regolazione semaforica e una corsia di raccordo per agevolare la svolta a destra *(Parte 2)*.

Parte 1

Con riferimento all'area geografica illustrata in figura 1 e considerando i parametri dell'utilità sistematica e gli attributi riportati in tabella 3, nonché la domanda di mobilità riportata in tabella 4, si determini la frequenza degli autobus (numero corse all'ora) e il costo del biglietto (valido 90 minuti) che consentano di avere il 20% della domanda di mobilità assegnata alla modalità autobus. I vincoli di tali parametri, ossia i valori minimi e massimi di frequenza e di costo del biglietto, sono riportati anch'essi in tabella 3.

Eventuali dati mancanti dovranno essere calcolati ovvero essere assunti dal candidato. In particolare, le distanze medie tra le zone possono essere calcolate su base geometrica oppure in base alla lunghezza dei percorsi minimi tra i nodi delle varie zone; eventualmente possono essere definite sulla base di altre ipotesi e assunzioni che devono essere opportunamente giustificate. Più in generale, tutte le assunzioni, le ipotesi e le scelte progettuali dovranno essere motivate dal candidato.

Nella risoluzione del problema si tenga conto anche della fattibilità economica della soluzione valutando la perdita di guadagno e i maggiori costi sostenuti dall'azienda di trasporto pubblico che si avrebbero nel caso in cui, per ottenere il 20% di domanda di mobilità assegnata alla modalità autobus, sia necessario abbassare il costo del biglietto (rispetto al valore massimo riportato in tabella 3) e/o aumentare la frequenza degli autobus (rispetto al valore minimo riportato in tabella 3).

Parte 2

Una delle intersezioni della rete stradale in figura 1 è un incrocio a "T" la cui schematizzazione è riportata in figura 2. Le manovre possibili sono ricavabili dalla figura e i flussi orari per le varie

coppie origine/destinazione sono riportati in tabella 5. Altri parametri necessari alla progettazione sono riportati in tabella 6. Per tale incrocio è richiesto di progettare quanto segue.

1. Si progetti la regolazione semaforica (sequenza e durata delle fasi) utilizzando il metodo di Webster. Nel fare ciò, si tenga conto di tutti gli aspetti legati alla sicurezza, sia dei veicoli che dei pedoni (considerare quindi nella progettazione anche gli attraversamenti pedonali).

2. Si progetti una corsia di raccordo per favorire la svolta a destra dei veicoli che provengono dall'origine B e sono diretti alla destinazione C. Una schematizzazione di tale corsia è riportata in figura 3. In particolare, è richiesto di:
   - dimensionare il raggio di curvatura della corsia di raccordo che garantisca la percorrenza di essa in sicurezza, anche in condizioni meteo avverse; nel fare ciò si considerino i coefficienti di aderenza riportati in tabella 6 e si ipotizzi che la velocità massima consentita sia pari a 50 km/h; si consideri anche che la superficie su cui viene costruita la rampa è completamente in piano con l'intersezione stradale;
   - disegnare la corsia di raccordo.

Si precisa che eventuali dati e/o parametri mancanti dovranno essere assunti e dichiarati dal candidato motivandoli, così come ogni ipotesi e scelta progettuale.

Saranno oggetto di valutazione la completezza delle informazioni, l'idoneità delle soluzioni adottate, la chiarezza dell'esposizione, l'utilizzo di adeguata terminologia tecnica e la capacità di sintesi.

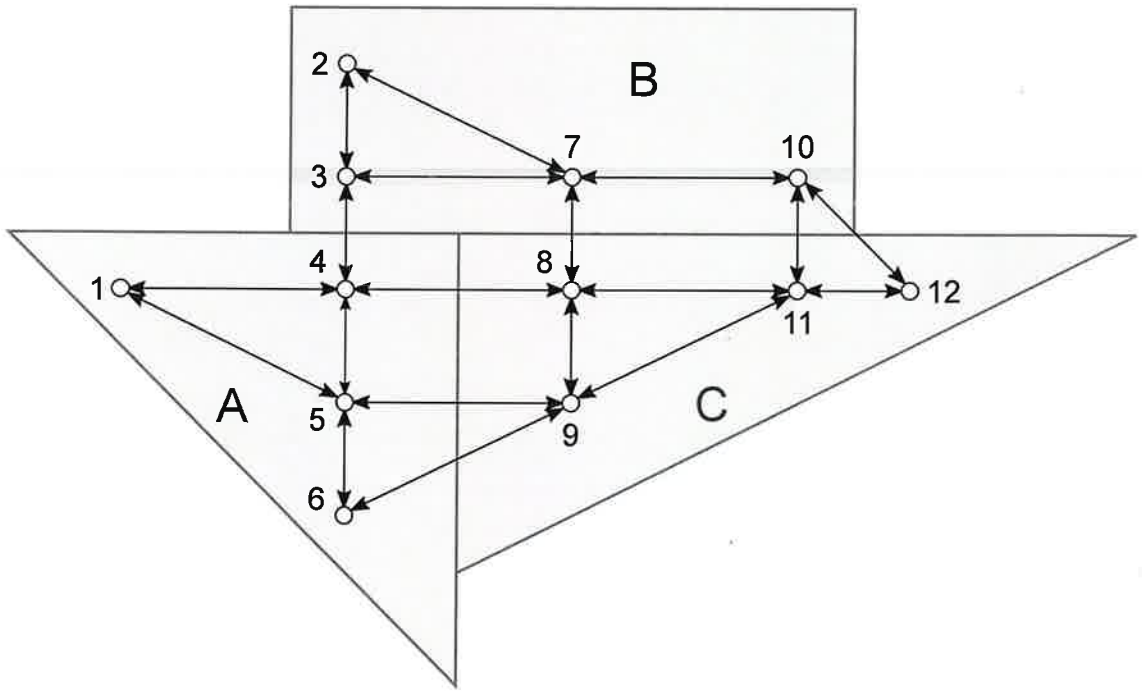


Figura 1 – Area geografica, zonizzazione e rete di traffico

Zona	Area	Forma
A	8 km^2	Triangolo rettangolo con cateti di 4 km
B	12 km^2	Rettangolo con lati di 6 km e 2 km
C	9 km^2	Triangolo rettangolo con cateti di 6 km e 3 km
Nota: Il lato lungo della zona B confina per 1.5 km con la zona		

A e 4.5 km con la zona C

Tabella 1 – Specifiche dimensionali delle zone A, B e C

Archi	Lunghezza
2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 7-8, 8-9, 10-11, 11-12	1.0 km
10-12	1.4 km
1-4, 3-7, 4-8, 5-9, 7-10, 8-11	2.0 km
1-5, 2-7, 6-9, 9-11	2.2 km
Nota: Le direzioni opposte hanno uguale lunghezza	

Tabella 2 – Lunghezza degli archi della rete stradale

Parametro	Valore
costo auto [euro/km]	0.5
costo biglietto autobus [euro/1,5h]	*tra 1 e 2*
β_C	-2
velocità media auto [km/h]	35
velocità media autobus [km/h]	20
velocità a piedi [km/h]	4
β_T	-4
CSA auto (β_{AUTO})	2
CSA autobus (β_{BUS})	1
parametro di varianza (θ)	0,7
frequenza autobus [corse/h]	*tra 3 e 6*

Tabella 3 – Parametri dell'utilità sistematica e attributi

Zona	A	B	C
A	0	500	300
B	500	0	400
C	800	300	0

Tabella 4 – Domanda di mobilità

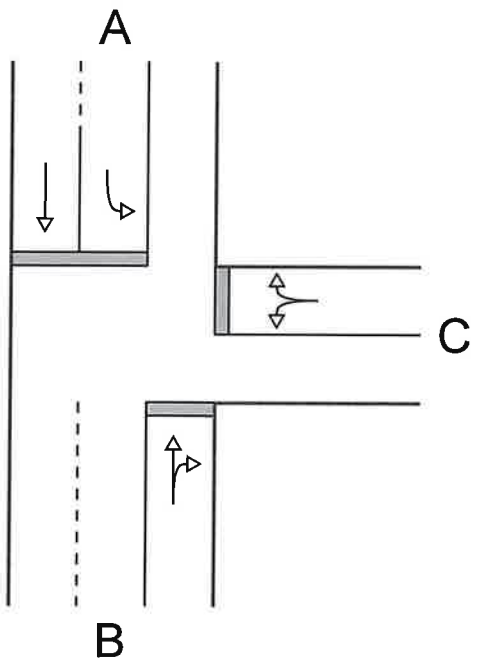


Figura 2 – Schematizzazione dell'incrocio a "T"

O/D	A	B	C
A	–	300	120
B	250	–	180
C	120	150	–

Tabella 5 – Flussi orari tra origini e destinazioni dell'incrocio a "T"

Parametro	Valore
Flusso di saturazione [veh/h]	1200
Larghezza corsia [m]	3,5
Velocità massima consentita [km/h]	50
Coefficiente di aderenza pneumatico/asfalto - asciutto	0,7
Coefficiente di aderenza pneumatico/asfalto - bagnato	0,5

Tabella 6 – Parametri per il progetto dell'incrocio a "T"

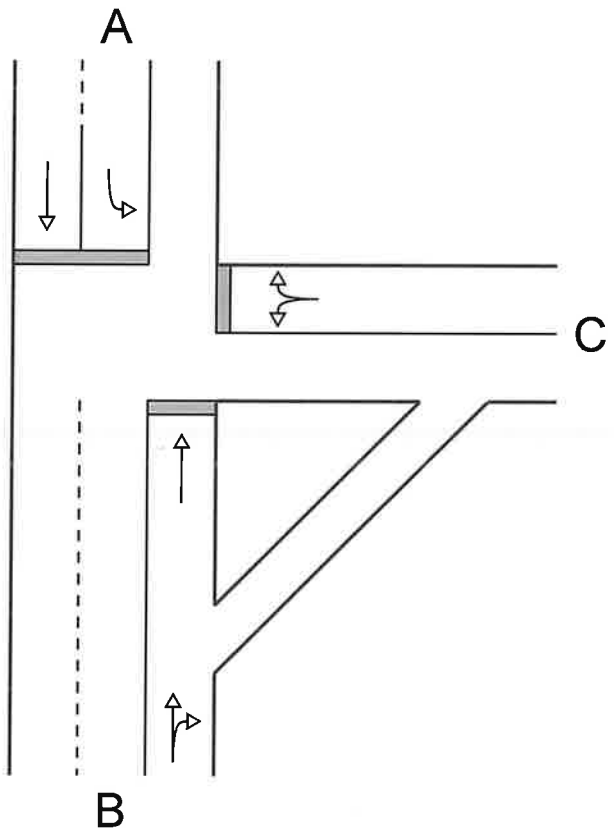


Figura 3 – Schematizzazione dell'incrocio a "T" con corsia di raccordo tra B e C