



ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A SECONDA SESSIONE 2019

Settore: Civile e Ambientale
LM-23 o 28/S: Ingegneria civile LM-35 o 38/S: Ingegneria per l'ambiente e per il territorio LM-4 o 4/S: Architettura e ingegneria edile

PRIMA PROVA SCRITTA

Tema n. 1

La Candidata/il Candidato descriva la figura e le funzioni del Collaudatore delle opere strutturali e del Collaudatore Tecnico Amministrativo. Specifici il quadro giuridico che regola le suddette figure e le relative funzioni ed in quali casi è possibile farne a meno.

Beschreibe die Kandidatin/ der Kandidat die Figur und die Funktionen des Abnahmeprüfer der Tragwerke und des Verwaltungstechnischen Abnahmeprüfer. Legen Sie den rechtlichen Rahmen für diese Figuren und ihre Funktionen fest und in welchen Fällen auf sie verzichtet werden kann

Tema n. 2

La Candidata/il Candidato descriva le funzioni ed i compiti del Direttore Lavori in fase preliminare e nella fase di esecuzione come descritto nel DM 49 del 2018. Accenni poi ai principali documenti contabili, provi infine a costruire un diagramma di flusso dell'attività della Direzione Lavori in cantiere.

Beschreibe die Kandidatin/ der Kandidat die Funktionen und Pflichten des Bauleiters in der Vorbereitungsphase und in der Ausführungsphase gemäß DM 49 von 2018. Weise die Kandidatin/ der Kandidat auf die wichtigsten Buchhaltungsunterlagen hin und versuche schließlich, ein Flussdiagramm der Aktivitäten des Bauleiters auf der Baustelle zu erstellen

Tema n. 3

La Candidata/il Candidato descriva le funzioni del Coordinatore in fase di Progettazione e del Coordinatore in fase di Esecuzione nel caso di un lavoro pubblico e nel caso di un lavoro privato. Descrivendo nella fattispecie quando la figura del coordinatore è necessaria. Si descrivano infine i documenti necessari alla coordinazione della sicurezza in cantiere e le figure coinvolte.

Beschreibe die Kandidatin/ der Kandidat die Funktionen des Sicherheitskoordinators in der Projektierungsphase und in der Ausführungsphase bei öffentlichen Arbeiten und bei privaten Arbeiten. Beschreibe insbesondere, wann die Figur des Koordinators notwendig ist. Beschreibe schließlich die für die Koordinierung der Sicherheit auf der Baustelle notwendigen Dokumente und die damit verbundenen Figuren.



La bonifica dei siti industriali dismessi è un problema aperto sia nei Paesi industrializzati che in quelli emergenti. L'inquinamento delle attività produttive pregresse può coinvolgere sia il suolo, che il sottosuolo e le acque sotterranee. Il candidato illustri sinteticamente quali sono le opzioni tecnologiche disponibili per affrontare un intervento di bonifica delle diverse matrici coinvolte ed illustri, secondo quanto disposto dalla normativa nazionale, le diverse fasi che costituiscono l'intervento di bonifica, dalle prime indagini al collaudo dell'intervento stesso.

Tema n. 4

Die Sanierung von Industrienachlässen ist sowohl in Industrie- als auch in Schwellenländern ein offenes Problem. Die Umweltverschmutzung aus früheren Produktionstätigkeiten kann sich auf Boden, Untergrund und Grundwasser auswirken. Erläutere kurz der Kandidat die technologischen Möglichkeiten, die für einen Sanierungseingriff der verschiedenen beteiligten Matrizen zur Verfügung stehen, und zeige gemäß den Bestimmungen der nationalen Gesetzgebung die verschiedenen Phasen, aus denen sich der Sanierungseingriff zusammensetzt, von den ersten Untersuchungen bis zur Abnahme des Eingriffs selbst.

CH

CH

→

→

GA

AP



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: dell'Informazione
LM-18 o 23/S: Informatica LM-27 o 30/S - Ingegneria delle telecomunicazioni

PRIMA PROVA SCRITTA

Tema n. 1

Si richiede al candidato di descrivere i vantaggi dell'utilizzo dei linguaggi di programmazione orientati ad oggetti rispetto ai linguaggi di programmazione di tipo strutturata.

Der Kandidat wird aufgefordert, die Vorteile der Verwendung einer relationalen Datenbank für die Verwaltung großer Datenmengen zu beschreiben.

Tema n. 2

Si richiede al candidato di descrivere i vantaggi dell'utilizzo di un database relazionale per la gestione dei big data.

Der Kandidat wird aufgefordert, die Vorteile der Verwendung einer relationalen Datenbank für die Verwaltung großer Datenmengen zu beschreiben.

Tema n. 3

Si richiede al candidato di descrivere i sistemi radianti più adatti al nuovo standard 5G per la telefonia mobile.

Tema n. 4

Si richiede al candidato di descrivere in modo rigoroso (mediante opportune equazioni descrittive) un canale wireless soggetto ad un rumore gaussiano bianco.



ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: industriale
LM-22 o 27/S - Ingegneria chimica LM-30 o 33/S - Ingegneria energetica e nucleare LM-33 o 36/S - Ingegneria meccanica

PRIMA PROVA SCRITTA

Tema n. 1

Produzione pignone in acciaio (per autotrazione pesante: camion, trattori, navale etc.):

a. Descrivere il ciclo completo partendo da billetta o altro sistema alternativo

b. Descrivere i vari trattamenti e lavorazioni necessarie

c. Descrivere i controlli qualità necessari e quelli aggiuntivi per ottenere la massima qualità in funzione delle proprietà richieste in uso: resistenza, durabilità, fatica, usura etc.

Herstellung von Stahlritzel (für Schwerfahrzeuge: LKW, Traktoren, Schiffe, etc.):

a. Beschreiben Sie den kompletten Zyklus aus einem Knüppel oder einem anderen alternativen System.

b. Beschreiben Sie die verschiedenen Behandlungen und Prozesse, die erforderlich sind.

c. Beschreiben Sie die notwendigen und zusätzlichen Qualitätskontrollen, um die höchste Qualität entsprechend den im Einsatz geforderten Eigenschaften zu erreichen: Festigkeit, Langlebigkeit, Ermüdung, Verschleiß, etc.

Tema n. 2

Sistemi di prototipazione rapida:

a. Classificazione per classi di materiali e confronto

b. Indicare per quali tipi di applicazione (classificandole in base alle proprietà richieste: meccaniche, elettriche, termiche o ottiche) sono più indicati e per quali invece non garantiscono proprietà adeguate anche per fase di progettazione

Rapid Prototyping Systeme:

a. Klassifizierung nach Materialklassen und Vergleich

b. Geben Sie an, für welche Anwendungsarten (Klassifizierung nach den geforderten Eigenschaften: mechanisch, elektrisch, thermisch oder optisch) sie am besten geeignet sind und für welche sie andererseits bereits in der Entwurfsphase keine ausreichenden



c. Possibili vantaggi/svantaggi nell'utilizzo in fase di progettazione, produzione e supporto post vendite

Eigenschaften garantieren.

c. Mögliche Vor- und Nachteile des Einsatzes in der Entwurfsphase, Produktion und Nachverkaufsunterstützung

Tema n. 3

Metodi di produzione near-net-shape

a. Descrivere i vari sistemi di produzione

b. Descrivere le fasi aggiuntive necessarie prima e dopo per ottenere il pezzo finale voluto

c. Controlli di qualità necessari per questo sistema di produzione, tipo di controlli e in che fase vanno implementati

d. Considerazione economiche

Produktionsverfahren near-net-shape

a. Beschreibung der verschiedenen Produktionssysteme

b. Beschreiben Sie die zusätzlichen Schritte, die vor und nach dem Kauf erforderlich sind, um das gewünschte Endprodukt zu erhalten.

c. Beschreiben Sie die zusätzlichen Schritte, die vor und nach die Erstellung des gewünschten Endprodukts erforderlich sind.

d. wirtschaftliche Überlegungen

Tema n. 4

La decarbonizzazione del sistema energetico è una sfida ingegneristica che può essere affrontata con molteplici soluzioni. Fra queste, risultano particolarmente promettenti la cogenerazione e l'elettificazione della produzione di energia termica per la climatizzazione negli edifici residenziali. Il candidato scelga una due soluzioni proposte e commenti in maniera sintetica lo stato dell'arte delle tecnologie disponibili, gli aspetti più importanti da considerare nella progettazione di tali sistemi e nella loro gestione. Si evidenzino inoltre i possibili vantaggi nell'integrazione della soluzione scelta con fonti energetiche rinnovabili, descrivendo le possibili tecnologie e gli accorgimenti da curare in fase di progettazione del sistema.

Die Entkarbonisierung des Energiesystems ist eine ingenieurtechnische Herausforderung, der man mit mehreren Lösungen begegnen kann. Unter diesen sind die Kraft-Wärme-Kopplung und die Elektrifizierung der thermischen Energieerzeugung zur Klimatisierung von Wohngebäuden besonders vielversprechend. Der Kandidat sollte eine von zwei vorgeschlagenen Lösungen wählen und kurz auf den Stand der Technik der verfügbaren Technologien eingehen, die wichtigsten Aspekte, die bei der Gestaltung solcher Systeme und deren Management zu berücksichtigen sind. Die möglichen Vorteile der Integration der gewählten Lösung in erneuerbare Energiequellen sollten ebenfalls hervorgehoben werden, wobei die möglichen Technologien und Maßnahmen beschrieben werden, die während der Entwurfsphase des Systems zu ergreifen sind.



ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A SECONDA SESSIONE 2019

Settore: Civile e Ambientale

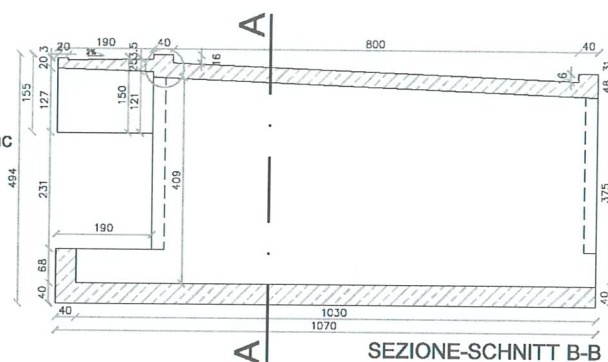
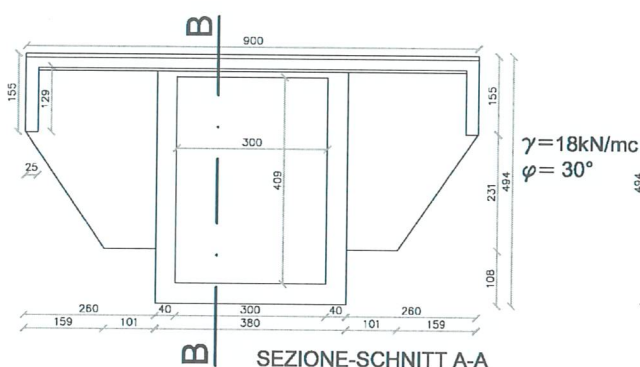
LM-23 o 28/S: Ingegneria civile

SECONDA PROVA SCRITTA

Tema n. 1

La Candidata/ il Candidato imposti una relazione di calcolo relativa alla struttura mostrata in figura.

Erstelle die Kandidatin/ der Kandidat einen Technischen Bericht, der sich auf die in der Abbildung dargestellte Struktur bezieht.



(La struttura si trova nel Comune di Trento, si trascuri l'azione sismica)

(Die Struktur befindet sich in der Gemeinde Trient, vernachlässige die seismische Wirkung).

Nella relazione, oltre ad indicare i contenuti di massima, dovranno essere trattati in maniera esaustiva i seguenti punti:

Im Bericht, zusätzlich zu dem allgemeinen Inhalt; sollten die folgenden Punkte ausführlich behandelt werden:

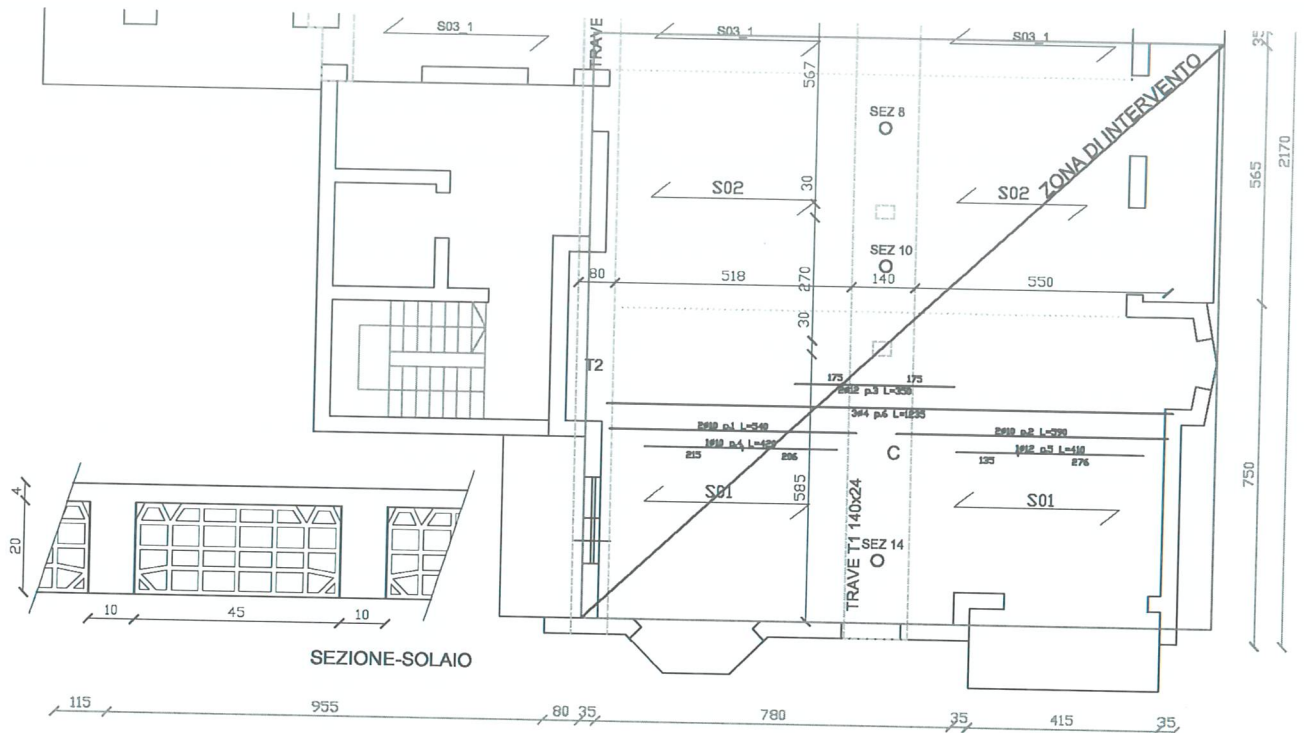
- 1) Analisi dei carichi
- 2) Combinazioni dei carichi
- 3) Verifica geotecnica e della fondazione.

- 1) Lastanalyse
- 2) Lastkombinationen
- 3) Geotechnischer Nachweis und Nachweis des Fundaments

Tema n. 2

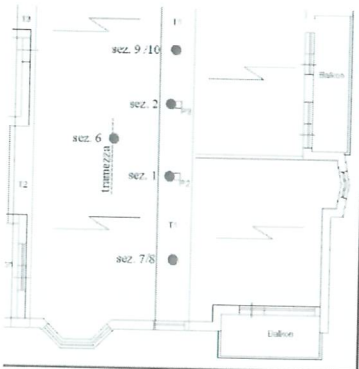
La Candidata/ il Candidato imposti una relazione di calcolo per verificare il solaio S01 in figura per un cambiamento di destinazione d'uso da civile abitazione ad ufficio aperto al pubblico.

Erstelle die Kandidatin/ der Kandidat einen Technischen Bericht, um die Decke S01 in der Abbildung für eine Änderung der Zweckbestimmung vom Wohn- zum öffentlichen Amt zu überprüfen.



L'armatura riportata si riferisce al travetto di interesse $i=55\text{cm}$
Sul solaio sono state eseguite le seguenti prove:

Die dargestellte Bewehrung bezieht sich an einem Träger mit abstand $i=55\text{cm}$
Auf der Decke wurden folgende Prüfverfahren durchgeführt:



Sez. 1			Struttura: pilastro
Pull-Out			
n.	[kN]	R_c	
1	21,80	29,2	
2	27,58	34,5	
3	25,93	33,0	
$R_c \text{ medio} = 32,2 \text{ Mpa}$			

Sez. 2			Struttura: pilastro
Pull-Out			
n.	[kN]	R_c	
1	24,40	31,6	
2	29,23	36,0	
3	25,10	32,2	
$R_c \text{ medio} = 33,3 \text{ Mpa}$			

Sez. 8			Struttura: trave a spessore
Pull-Out			
n.	[kN]	R_c	
1	20,39	27,9	
2	18,50	26,1	
3	14,61	22,5	
$R_c \text{ medio} = 25,5 \text{ Mpa}$			

Sez. 10			Struttura: trave a spessore
Pull-Out			
n.	[kN]	R_c	
1	16,74	24,5	
2	15,24	23,1	
3	12,26	20,3	
$R_c \text{ medio} = 22,6 \text{ Mpa}$			

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]



Tenendo conto di un carico permanente pari a 1.10kN/m^2 si sviluppino i seguenti punti:

- 1) Studio dei "fattori di confidenza"
- 2) Analisi dei carichi
- 3) Combinazioni dei carichi
- 4) Verifica del solaio S01 a flessione e taglio in base alla destinazione d'uso.
- 5) Eventuali interventi per migliorare la capacità portante del solaio

Unter Berücksichtigung einer Dauerbelastung von $1,10\text{kN/m}^2$ sollten folgende Punkte entwickelt werden

- 1) Analyse der "Vertrauensfaktoren"
- 2) Lastanalyse
- 3) Lastkombinationen
- 4) Nachweis der Decke S01 für Biegebeanspruchung und Schub gemäß der vorgesehenen Nutzung
- 5) Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Tragfähigkeit der Decke

Handwritten signatures in blue ink at the bottom of the page.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: Civile e Ambientale

LM-35 o 38/S: Ingegneria per l'ambiente e per il territorio

SECONDA PROVA SCRITTA

Tema n. 1

Il candidato descriva i contenuti della relazione di un progetto preliminare di un biodigestore anaerobico che tratta la frazione organica dei rifiuti urbani raccolti in un bacino di 100.000 abitanti. Si prevede il recupero di biometano dall'impianto. Si descrivano:

- I flussi di rifiuti attesi in ingresso.
- Lo schema di trattamento del biodigestore ed i criteri di dimensionamento dello stesso.
- Le prestazioni attese (caratteristiche quali-quantitative del digestato, produzione potenziale di biometano)
- Le soluzioni di post-trattamento del digestato.

Tema n. 2

La progettazione di sistemazione idraulica/idrogeologica in aste torrentizie montane, collinari, e di pianura: il candidato descriva sinteticamente: a) i fenomeni di riferimento, b) le principali tipologie di opere sistemazione idraulica, e c) le grandezze fisiche necessarie per impostare la progettazione delle suddette opere. Inoltre, nella descrizione dei punti sopra elencati, il candidato evidenzia le differenze e motivi i contesti di applicazione.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: Civile e Ambientale
LM-4 o 4/S: Architettura e ingegneria edile

SECONDA PROVA SCRITTA

Tema n. 1

La Candidata/il Candidato sviluppi una relazione progettuale inerente la realizzazione di un edificio a destinazione d'uso residenziale di edilizia economico popolare, evidenziando i caratteri distributivi, architettonici e di abbattimento delle barriere architettoniche.

Tema n. 2

La Candidata/il Candidato illustri i principali tipi di intervento e i titoli abilitativi previsti dalla vigente legislazione per un'opera di ingegneria civile residenziale. Indichi, per un titolo abilitativo a scelta, i principali documenti necessari all'approvazione da parte dell'organo competente.

Tema n. 3

La Candidata/il Candidato descriva gli elementi di progetto che possono favorire il comportamento passivo di un edificio residenziale monofamiliare realizzato a Trento, assicurando il comfort termico invernale ed estivo.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: dell'Informazione
LM-18 o 23/S - Informatica

SECONDA PROVA SCRITTA

Tema n. 1

Si richiede al candidato di illustrare uno schema di massima per un applicativo software in grado di gestire la farmacia di un piccolo ambulatorio veterinario.

Der Kandidat wird aufgefordert, ein allgemeines Schema für eine Softwareanwendung zu erläutern, die die Apotheke einer Kleintierklinik verwalten kann.

Tema n. 2

Si richiede al candidato di descrivere dettagliatamente il diagramma di flusso di un software operante in un distributore automatico di biglietti per linee urbane ed extraurbane. Il distributore deve essere in grado di gestire una città di piccole dimensioni.

Der Kandidat wird aufgefordert, das Flussdiagramm einer Software, die in einem Fahrkartenautomaten für Stadt- und Vorortbahnen arbeitet, detailliert zu beschreiben. Die Maschine muss in der Lage sein, eine Kleinstadt zu verwalten.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: dell'Informazione

LM-27 o 30/S - Ingegneria delle telecomunicazioni

SECONDA PROVA SCRITTA

Tema n. 1

Si richiede al candidato di definire l'architettura base di un sistema di telecomunicazioni satellitare ottimizzato per la trasmissione e memorizzazione di segnali meteorologici di tipo multispettrale. In particolare, l'unità trasmittente posta su un satellite geostazionario, consta di un trasmettitore in banda X (8-12GHz) che deve inviare i dati ad una stazione di terra. La stazione di terra è equipaggiata con un'antenna a riflettore parabolico di tipo "prime focus". Si ponga particolare attenzione alla descrizione dei sistemi radianti presenti sulla stazione di terra e sul satellite.

Tema n. 2

Si richiede al candidato di descrivere le tecniche di modulazione digitale più utilizzate, indicandone l'utilità pratica rispetto alle modulazioni di tipo analogico e le applicazioni pratiche.





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: industriale
LM-22 o 27/S - Ingegneria chimica

SECONDA PROVA SCRITTA

Tema n. 1

Descrivere l'intero ciclo di produzione industriale per un sanitario in ceramica tradizionale. Quali sono i punti fondamentali e le possibili alternative per assicurare: un controllo di qualità efficace, contenimento costi e ridurre l'impatto ambientale.

Tema n. 2

Descrivere le tecniche di laboratorio adatte all'analisi, testing e qualificazione di nanomateriali e nanostrutture. Analizzare nel dettaglio quali caratteristiche dei nanomateriali sono in grado di caratterizzare e in che modo. Descrivere il tipo di preparazione del campione che richiedono e se sono distruttive o non.

Tema n. 3

Descrivere le tecniche di laboratorio adatte all'analisi, testing e qualificazione di rivestimenti sottili e molto sottili. Analizzare nel dettaglio quali caratteristiche di tali rivestimenti sono in grado di caratterizzare e in che modo. Specificare le tecniche in base al tipo di materiale del rivestimento e substrato. Includere rivestimenti per applicazioni utensili, usura, protezione dall'ossidazione e corrosione, alte temperature.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: industriale
LM-30 o 33/S - Ingegneria energetica e nucleare

SECONDA PROVA SCRITTA

Tema n. 1

Il candidato descriva quali sono i sistemi domotici e di "building automation" implementabili per il controllo degli impianti climatizzazione, di illuminazione degli edifici residenziali o del terziario. Si evidenzino i benefici conseguibili in termini di contenimento dei consumi energetici, di miglioramento della sicurezza e del comfort degli occupanti.

Tema n. 2

Il candidato descriva gli effetti che l'efficientamento energetico degli edifici connessi ad una rete di teleriscaldamento può avere sulle gestione della rete stessa. Vengano inoltre descritti alcuni possibili interventi migliorativi con particolare attenzione all'integrazione con i sistemi di generazione distribuita, con le fonti rinnovabili e l'energy storage. Per questi interventi il candidato evidenzi inoltre le criticità e i possibili ostacoli tecnologici e/o normativi.



ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: industriale
LM-33 o 36/S - Ingegneria meccanica

SECONDA PROVA SCRITTA

Tema n. 1

Descrivere un sistema di guida autonoma e la sua implementazione a partire dai sensori ed attuatori fino agli algoritmi di pianificazione e controllo per un veicolo di trasporto persone di alto livello (no limiti di budget). Valutare le implicazioni sulla sicurezza e quali cambiamenti si renderebbero necessari sull'attuale sistema di viabilità in Italia o Europa.

Beschreiben Sie ein autonomes Fahrsystem und seine Implementierung von Sensoren und Aktuatoren bis hin zu Planungs- und Steuerungsalgorithmen für ein höherwertiges Personenbeförderungsfahrzeug (keine Budgetbegrenzung). Bewertung der Auswirkungen auf die Sicherheit und der erforderlichen Änderungen am derzeitigen Straßennetz in Italien oder Europa.

Tema n. 2

Descrivere un sistema di Simultaneous Location And Mapping (SLAM) per navigazione indoor di veicoli industriali (AGV).

Beschreiben Sie ein Simultaneous Location And Mapping (SLAM)-System für die Innennavigation von Industriefahrzeugen (FTS).

Tema n. 3

Descrivere un powertrain completo a emissioni zero per veicoli a 3 o 4 ruote leggeri (trasporto persone/privati). Considerate i due casi di trasporto urbano (commuting) oppure lunghe distanze. Quali implicazioni e modifiche si rendono necessarie alle infrastrutture per realizzare i sistemi proposti.

Beschreiben Sie einen kompletten, emissionsfreien Antriebsstrang für leichte 3- oder 4-Rad-Fahrzeuge (Personen-/Privatverkehr). Betrachten wir die beiden Fälle des städtischen Verkehrs (Pendlerverkehr) oder der langen Strecken. Welche Auswirkungen und Änderungen sind auf die Infrastruktur erforderlich, um die vorgeschlagenen Systeme umzusetzen?



ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: Civile e Ambientale

LM-23 o 28/S: Ingegneria civile

PROVA PRATICA

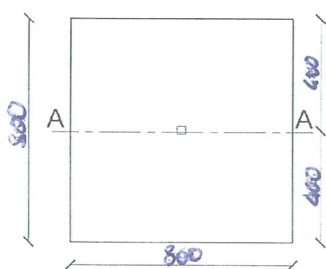
Tema n. 1

La Candidata/Il Candidato rediga una relazione di calcolo relativa al serbatoio interrato rappresentato in figura in cui è rappresentata anche la stratigrafia del terreno.

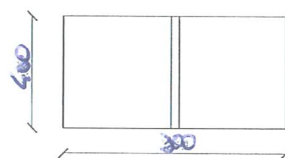
Erstelle die Kandidatin / der Kandidat einen Berechnungsbericht über den in der Abbildung dargestellten unterirdischen Behälter, in dem auch die Stratigraphie des Bodens dargestellt ist.

	0.00	
1 $\gamma = 16 \text{ kN/mc}$ $\varphi = 30^\circ$ $c = 0$	-1.50	
2 $\gamma = 17 \text{ kN/mc}$ $\varphi = 32^\circ$ $c = 0$	-3.00	
	-4.00	SERBATOIO BEHÄLTER
3 $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$ $\varphi = 35^\circ$ $c = 0$	-5.50	
	-8.00	
4 $\gamma = 17 \text{ kN/mc}$ $\varphi = 32^\circ$ $c = 0$		

SERBATOIO BEHÄLTER



PIANTA LAGEPLAN



SEZIONE SCHNITT A-A

Le misure riportate sono quelle nette interne alla struttura.

La relazione di calcolo dovrà trattare i seguenti argomenti:

- 1) Descrizione dell'opera
- 2) Materiali impiegati (il candidato scelga i materiali necessari)
- 3) Analisi e combinazione dei carichi
- 4) Verifica degli elementi strutturali verticali e orizzontali più sollecitati
- 5) Verifica delle fondazioni

Die berichteten Maßen sind die Netto-Innenmaßen der Struktur.

Der Berechnungsbericht umfasst folgende Punkte

- 1) Beschreibung der Arbeiten
- 2) Verwendete Materialien (wähle der Kandidat die erforderlichen Materialien aus)
- 3) Lastanalyse und Lastkombination
- 4) Überprüfung der am stärksten beanspruchten vertikalen und horizontalen Tragelemente
- 5) Fundamentnachweis



Ch

AP

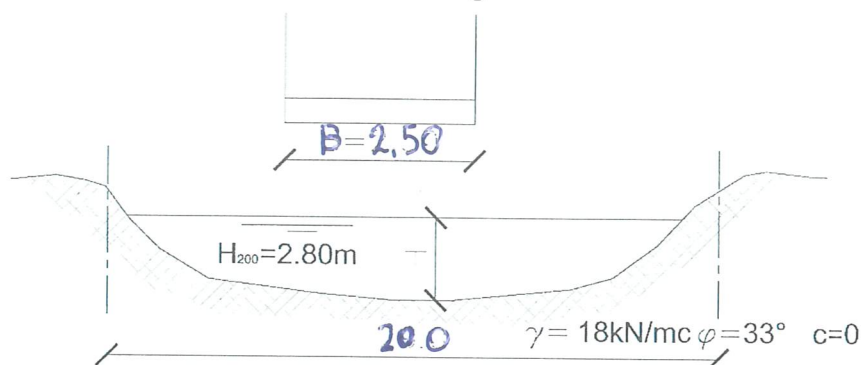
- 6) Verifica a punzonamento
- 7) Una rappresentazione grafica in scala delle armature degli elementi calcolati nel punto 4.
- 8) Descrivere le fasi di esecuzione con particolare riferimento alla falda.

- 6) Durchstanznachweis
- 7) Eine im Maßstab grafische Darstellung der Bewehrung der in Punkt (4) berechneten Tragelemente.
- 8) Beschreibe die Ausführungsphasen mit besonderem Bezug auf den Grundwasserspiegel.

Tema n. 2

Nel comune di Trento è prevista una passerella ortogonale al canale in figura con una pista ciclabile.

In der Gemeinde Trient ist eine Fahrradbrücke laut Abbildung orthogonal zum Kanal vorgesehen.



La Candidata/Il Candidato rediga una relazione di calcolo in cui dovrà trattare i seguenti argomenti:

- 1) Descrizione dell'opera
 - 2) Materiali impiegati (il candidato scelga i materiali necessari)
 - 3) Analisi e combinazione dei carichi
 - 4) Verifica degli elementi strutturali principali e secondari (impalcato, piano viario, parapetto).
 - 5) Verifica geotecnica della spalla.
- si adottino i parametri sismici allegati.

Erstelle die Kandidatin/der Kandidat einen Berechnungsbericht, in dem er sich mit den folgenden Punkten befasst:

- 1) Beschreibung der Arbeiten
- 2) Verwendete Materialien (wähle der Kandidat die erforderlichen Materialien aus)
- 3) Lastanalyse und Lastkombination
- 4) Überprüfung der Haupt- und Nebenbauteile (Hauptträger, Fahrbahnoberfläche, Brüstung).

- 5) Geotechnischer Nachweis des Wiederlagers.
- Übernehme die beiliegenden seismischen Parameter

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c [s]
30	0,027	2,509	0,194
50	0,034	2,533	0,219
72	0,038	2,546	0,248
101	0,043	2,516	0,273
140	0,049	2,498	0,291
201	0,054	2,548	0,305
475	0,072	2,663	0,327
975	0,089	2,712	0,344
2475	0,123	2,595	0,362



Handwritten signatures and initials: Cfh, AP SA, and others.

Valori dei parametri a_g , F_a , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_a [-]	T_C [s]
SLO	60	0,036	2,540	0,234
SLD	101	0,043	2,516	0,273
SLV	949	0,088	2,710	0,343
SLC	1950	0,114	2,624	0,357

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite: SLV

Risposta sismica locale:
Categoria di sottosuolo: S
Categoria topografica: T1
 $S_a = 1,200$
 $C_d = 1,362$
 $S_d = 0,000$
 $S_l = 1,000$

Compon. orizzontale:
☒ Spettro di progetto elastico (SLE)
☐ Spettro di progetto inelastico (SLI)
Smorzamento ζ [%]: 5
 η [%]: 1,000
Fattore q : 3
Ragor. in altezza: di

Compon. verticale:
Spettro di progetto:
Fattore q : 1,5
 η [%]: 0,687

Elaborazioni:
☒ Grafico spettro di risposta
☐ Parametri e punti spettro di risposta

Spettro di risposta:
 S_a [g]
 S_d [m]
3,5 T [s]

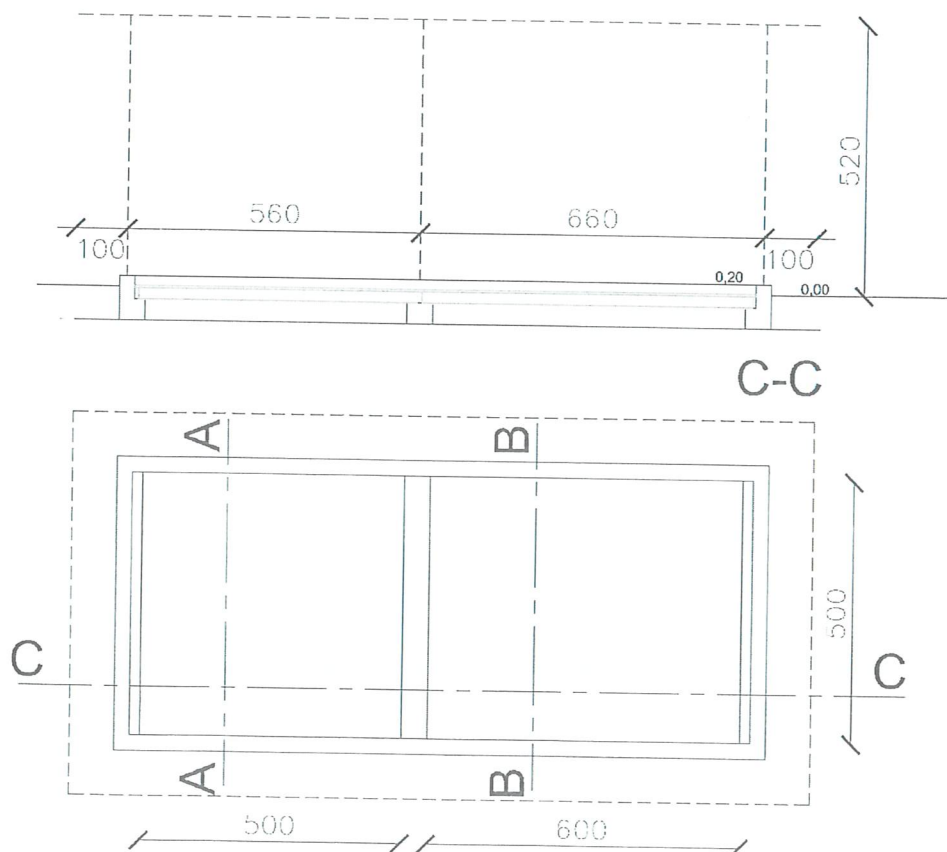
— Spettro di progetto - componente orizzontale
— Spettro di progetto - componente verticale
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-11, $\zeta = 5\%$)

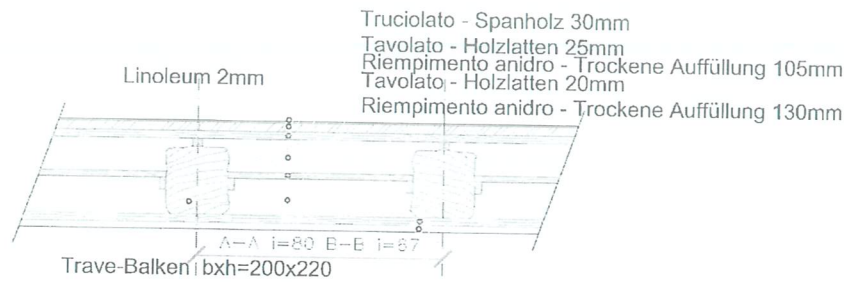
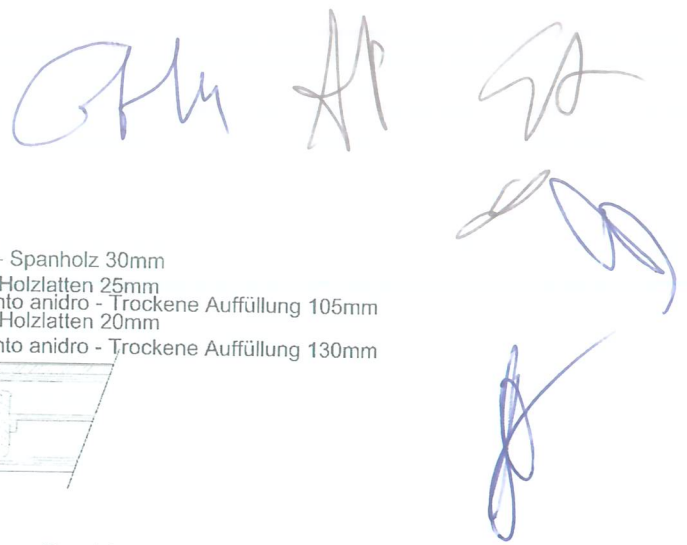
INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

Tema n.3

Nel comune di Trento è previsto il risanamento di un solaio in legno attraverso il getto di una soletta collaborante e contestualmente la costruzione di una nuova copertura.

In der Gemeinde Trient ist die Sanierung eines Holzbodens durch die Verwendung einer Verbunddecke und gleichzeitig den Bau einer neuen Überdachung geplant.





Tavolato - Holzplatten 25mm
Intonaco - Putz 20/25mm

SEZIONE - SCHNITT A-A B-B

Il solaio andrà completamente svuotato prima dell'intervento di risanamento. Per le travi esistenti si ipotizza un legno massiccio C24. Non è prevista tamponatura.

La Candidata/Il Candidato rediga una relazione di calcolo in cui dovrà trattare i seguenti argomenti:

- 1) Descrizione dell'opera
 - 2) Materiali impiegati (il candidato scelga i materiali necessari)
 - 3) Analisi e combinazione dei carichi nell'ipotesi di un accidentale per il solaio pari a $q=5,00\text{kN/mq}$
 - 4) Verifica degli elementi strutturali principali (Solaio in legno calcestruzzo, nuova copertura).
- si adottino i parametri sismici allegati.

Vor der Sanierung muss die Decke vollständig geleert werden. Für die vorhandenen Träger wird ein C24-Massivholz angenommen. Es sind keine Wände vorgesehen

Erstelle die Kandidatin/der Kandidat einen Berechnungsbericht, in dem er sich mit den folgenden Punkten befasst:

- 1) Beschreibung der Arbeiten
- 2) Verwendete Materialien (wähle der Kandidat die erforderlichen Materialien aus)
- 3) Lastanalyse und Lastkombination mit Annahme von einer Nutzlast $q=5,00\text{kN/mq}$
- 4) Nachweis der wichtigsten Bauteile (Verbunddecke, neue Überdachung).

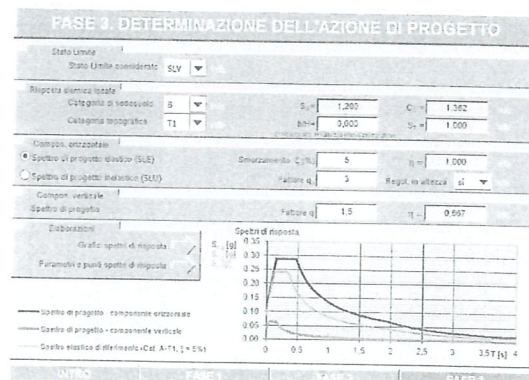
Übernehme die beiliegenden seismischen Parameter

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c [s]
30	0,027	2,509	0,194
50	0,034	2,533	0,219
72	0,038	2,546	0,246
101	0,043	2,516	0,273
140	0,049	2,498	0,291
201	0,054	2,546	0,305
475	0,072	2,663	0,327
975	0,089	2,712	0,344
2475	0,123	2,595	0,362

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c [s]
SLO	60	0,036	2,540	0,234
SLD	101	0,043	2,516	0,273
SLV	949	0,088	2,710	0,343
SLC	1950	0,114	2,624	0,357





Handwritten signatures and initials: Cfl, AP, GA, and others.

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: Civile e Ambientale

LM-35 o 38/S: Ingegneria per l'ambiente e per il territorio

PROVA PRATICA

Tema n. 1

Si proceda alla progettazione di massima di un impianto di trattamento delle acque reflue di un insediamento urbano di 80.000 AE, servito da fognatura separata. È richiesto il dimensionamento (su più linee) delle unità di trattamento della linea acque e della linea fanghi, dotata di digestore anaerobico mesofilo.

La dotazione idrica è di 300L//AE d).

Parametri in ingresso (media giornaliera):

BOD5 mg/L: 220

COD mg/L: 420

Solidi Sospesi mg/L: 230

Fosforo totale (P mg/L): 4

TKN (N mg/L): 45

Gli standard allo scarico sono quelli richiesti dalla normativa vigente per le aree sensibili

Temperatura minima invernale: 12°C Temperatura massima estiva: 20°C

Si proceda al dimensionamento di massima dei diversi comparti. Non è richiesto il dimensionamento dei pretrattamenti in linea acque, ma la sola indicazione della tipologia degli stessi. Per il digestore anaerobico si chiede di indicare: volume del digestore, HRT, temperatura di processo, produzione giornaliera di fanghi digeriti e di biogas. Non si richiede il dimensionamento del recupero energetico.

Si calcoli espressamente anche il volume annuo di fanghi di depurazione da avviare a smaltimento.

Nel caso in cui si inserisca nella linea fanghi un trattamento innovativo termochimico, che tratti l'intero quantitativo dei fanghi digeriti in uscita dal digestore riducendo la massa dei fanghi digeriti del 25% e consentendo al comparto di disidratazione meccanico di raggiungere un tenore di secco del 55%, si proceda al calcolo della produzione annuale di fanghi su base umida prodotta da questa innovativa configurazione della linea fanghi e la riduzione in percentuale rispetto alla filiera convenzionale, precedentemente dimensionata.

Si richiede di produrre:

- Il layout dell'impianto con i principali collegamenti idraulici e l'indicazione dei parametri da misurare on-line nei diversi comparti;
- La disposizione in pianta (non in scala) dei diversi comparti (per l'impianto termochimico si preveda un container affiancato alla zona trattamento fanghi convenzionale).



CH A B C D

Tema n. 2

Un corso d'acqua scorre in un alveo regolarizzato avente sponde verticali alte 6 m e larghezza al fondo di 50 m, con una pendenza pari a $5 \cdot 10^{-4}$ e fondo dell'alveo costituito da sedimenti sabbioso-ghiaiosi con diametro medio di 1 cm. Per scopi idroelettrici, viene realizzata una traversa per incrementare il livello a monte della stessa, composta da pile e 4 luci di 11 m ciascuna, presidiate da una paratoia a settore; la sagomatura del ciglio inferiore consente di avere un rapporto di contrazione C_c pari a 0.746.

La portata media annua del corso d'acqua è stimata in 220 m³/s.

Si chiede innanzitutto di determinare quale sia l'altezza di apertura, imposta identica per tutte e 4 le paratoie alzate a battente, verificando che si tratti di efflusso libero e non rigurgitato, per avere un franco di sicurezza di 1 m quando transita la portata media annua; il carico cinetico della corrente in arrivo alle paratoie può, in questa fase, considerarsi trascurabile.

Si fornisca inoltre una stima, anche approssimata, dell'altezza di interramento in corrispondenza della traversa attesa dopo un periodo di due anni in assenza di interventi di rimozione del materiale sedimentato, considerando che il deposito si disponga orizzontalmente sul fondo; si utilizzino la formula di Meyer-Peter-Muller ed altre eventuali formule di confronto.

Si valuti, infine, la spinta su ciascuna paratoia nelle condizioni di portata e di apertura delle paratoie a battente descritte in precedenza e si valuti il volume di calcestruzzo necessario a resistere a scivolamento per ciascuna delle paratoie, stimando dei valori credibili per il terreno sotto il manufatto, sapendo che esso risulta principalmente granulare e non coesivo, analogo a quello che compone il fondo dell'alveo.



[Handwritten signatures and initials in blue ink]

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: dell'Informazione
LM-18 o 23/S - Informatica

PROVA PRATICA

Tema n. 1

Si richiede al candidato di progettare un software in grado di gestire automaticamente la linea di produzione di una piccola ditta di manifattura in grado di produrre componenti meccaniche (scatole del cambio) per automobili di grossa cilindrata. La linea di produzione è costituita da robot in grado di comunicare tra di loro secondo il paradigma dell'industria 4.0.

Descrivere lo schema di massima del software in grado di gestire il sistema, dettagliando il flow chart della sezione di controllo dedicata alla gestione del magazzino.

Il candidato è libero di scegliere il linguaggio di programmazione e il protocollo di comunicazione più opportuno.

Der Kandidat muss eine Software entwerfen, die in der Lage ist, die Produktionslinie eines kleinen Produktionsunternehmens, das in der Lage ist, mechanische Komponenten (Getriebe) für große Autos herzustellen, automatisch zu verwalten. Die Produktionslinie besteht aus Robotern, die in der Lage sind, gemäß dem Paradigma der 4.0-Industrie miteinander zu kommunizieren.

Beschreiben Sie das allgemeine Schema der Software, die in der Lage ist, das System zu verwalten, und beschreiben Sie das Flussdiagramm des Kontrollbereichs, der für die Verwaltung des Lagers vorgesehen ist.

Dem Kandidaten steht es frei, die am besten geeignete Programmiersprache und das geeignetste Kommunikationsprotokoll zu wählen.

Tema n. 2

Si richiede al candidato di progettare un software in grado di gestire il flusso dati di una Wireless Sensor Network (WSN) costituita da 100 nodi sensore distribuiti su un'area di 10 Km². I nodi sono in grado di comunicare mediante una rete WiFi a 2.45Ghz. Ogni nodo deve poter inviare i dati raccolti, un pacchetto di 100Kbyte, ogni 30 secondi ad una stazione centrale che provvederà ad immagazzinarli.

Der Kandidat muss eine Software entwerfen, die in der Lage ist, den Datenfluss eines Wireless Sensor Network (WSN) zu verwalten, das aus 100 Sensorknoten besteht, die auf einer Fläche von 10 km² verteilt sind. Die Knoten sind in der Lage, über ein 2,45 Ghz WiFi-Netzwerk zu kommunizieren. Jeder Knoten muss in der Lage sein, die gesammelten Daten, ein Paket von 100Kbytes, alle 30 Sekunden an eine zentrale Station zu senden, die sie speichert.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Specificare il protocollo di comunicazione più opportuno e si preveda una tecnica di codice a correzione di errore per proteggere l'integrità dei dati.

Geben Sie das am besten geeignete Kommunikationsprotokoll an und schließen Sie eine fehlerkorrigierende Code-Technik zum Schutz der Datenintegrität ein.

Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'Cler', 'AP', and several other stylized marks.



ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: dell'Informazione

LM-27 o 30/S - Ingegneria delle telecomunicazioni

PROVA PRATICA

Tema n. 1

Si richiede al candidato di progettare un sistema di comunicazione satellitare in grado di fornire copertura globale mediante tre satelliti posti in orbita geostazionaria. Si descriva la struttura base del sistema, la struttura dei satelliti di tipo "relais" e si ponga particolare attenzione ai dettagli del sistema di radiocomunicazione (in banda K-Ku) e alla descrizione delle strutture radianti montate a bordo dei satelliti. Si ponga particolare attenzione alla descrizione del canale di trasmissione in "up-link" e "down-link".

Tema n. 2

Si richiede al candidato di progettare la rete di alimentazione per un'antenna di un sistema 5G operante in onde millimetriche 70GHz. L'antenna è composta da 16 elementi radianti, patch rettangolari.

La rete di alimentazione deve soddisfare le seguenti caratteristiche:

- 1) Ogni elemento deve essere alimentato con la stessa ampiezza e fase.
- 2) L'antenna deve presentare un'impedenza $Z_{in}=50$ Ohm.
- 3) Si deve garantire un buon isolamento tra gli elementi dell'array.

Si stabilisca il tipo di substrato e il tipo di alimentazione (per i singoli elementi) più opportuno al fine di ottenere un buon layout.



ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: Civile e Ambientale
LM-4 o 4/S: Architettura e ingegneria edile

PROVA PRATICA

Tema n. 1

La/il Candidata/o progetti un piccolo padiglione, con la funzione di infopoint cittadino, da collocare in una piazza 30 x40 adiacente al nucleo storico di Trento. Il padiglione dovrà essere dotato di una parte rivolta al pubblico e una privata ove prevedere un ufficio e deposito. Il padiglione dovrà essere contenuto in un sedime non superiore a 8x6 m e non superare l'altezza globale di 6 m.

Particolare cura dovrà essere rivolta a:

- Qualità estetica della proposta progettuale;
- Chiarezza tecnica della soluzione costruttiva proposta;
- Qualità dei dettagli tecnico-costruttivi della proposta progettuale;
- Chiarezza della soluzione distributivo/funzionale della proposta progettuale.

Gli elaborati richiesti sono i seguenti:

Schizzi e schemi grafici dell'idea progettuale;

- Planimetria con l'inserimento nella piazza del padiglione (1:200);
- Piante, prospetti e sezioni del manufatto (1:100);
- Dettagli costruttivi (1:20 e/o 1:10);
- Computo metrico estimativo del pacchetto solaio.

La/il Candidata/o descriva in modo dettagliato il sistema statico della proposta progettuale, predimensionando i principali elementi strutturali.

Tema n. 2

La/il Candidata/o progetti un edificio in linea per uffici a scheletro in cls.a., a tre livelli f.t. e uno interrato, regolare in pianta e in elevazione, con superficie pari a circa 400 mq, da inserire in un lotto rettangolare (60x40 m), lambito sul lato di maggiore dimensione da una strada comunale.

Il livello interrato deve contenere il massimo numero di posti macchina.

Sono richiesti i seguenti elaborati grafici:



Handwritten signatures and initials: AP, GA, and others.

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: industriale
LM-22 o 27/S - Ingegneria chimica

PROVA PRATICA

Tema n. 1

Il piano di carico di un aereo civile deve sopportare dei carichi distribuiti pari a 20 MPa massimi e può essere considerato in appoggio semplice (senza incastro) lungo i due lati opposti paralleli alla fusoliera. Tale ponte deve venir realizzato utilizzando pannelli quadrati di honeycomb e laminati in compositi a matrice polimerica. Ognuno di questi pannelli deve avere dimensioni di 8m x 8m, lo spessore può variare a seconda del materiale scelto. 8m corrisponde alla larghezza della fusoliera e/o piano di carico.

Progettate uno di questi pannelli in base alle misure e i carichi dati in modo da avere la struttura più leggera e resistente possibile. Partite dal design dei laminati considerando i tipi di fibra e matrici più adatte e le sequenze degli strati. Utilizzate per la verifica i vari criteri come FPF (First Ply Failure) o LPF (Last Ply Failure) e Von Mises o equivalenti. Per quanto riguarda l'honeycomb questo può essere in composito oppure un tradizionale in alluminio, argomentate la scelta che ritenete di fare e progettate anche quest'ultimo per la realizzazione del pannello/ponte di carico.

Descrivete il sistema di produzione più opportuno e come legare l'honeycomb ai laminati. Infine considerate nel design del pannello quali possono essere gli accorgimenti e/o scelte progettuali volte a garantire una maggior resistenza al fuoco del pannello, nonché ad altri agenti come usura o danneggiamento per impatto.

Per i parametri dei materiali da voi considerati utilizzate i valori più comuni se non disponibili sui vostri testi.

Tema n. 2

In un cementificio abbiamo un consumo di materie prime pari a 500 tonnellate al giorno di marna argillosa composta principalmente da calcare per l'79%, montmorillonite per il 19.8% ed un 1.2% di ossido di ferro (ematite).

Il combustibile usato nella produzione è polvere di carbone con un eccesso d'aria pari a 2.

Descrivete l'intero processo di produzione ed inoltre determinate:

1. La produzione di cemento giornaliera.
2. La composizione del cemento (composti idraulici e non).
3. Il modulo silicico, di idraulicità e dei fondenti.
4. Il consumo di combustibile considerando delle tipiche perite termiche al forno.
5. Il fabbisogno di aria e la composizione e portata dei fumi.
6. Valutate il tipo di cemento prodotto.

Quali sono gli accorgimenti e le operazioni da mettere in campo per il recupero dei fumi, il controllo qualità e della produttività. In mancanza di dati specifici nei testi a vostra disposizione, potete usare parametri o valori ragionevoli argomentandoli.



[Handwritten signatures and initials in blue ink]

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: industriale

LM-30 o 33/S - Ingegneria energetica e nucleare

PROVA PRATICA

Tema n. 1

Si deve dimensionare un impianto di condizionamento per un ufficio open-space da 30 persone situato nella città di Trento. Nell'ufficio verranno mantenute nella fascia oraria 8 – 18 le condizioni di temperatura e umidità relativa pari a $t_A = 20^\circ\text{C}$ e $UR_A = 50\%$, nella stagione invernale, e $t_A = 24^\circ\text{C}$ e $UR_A = 50\%$, nella stagione estiva. L'ufficio ha una pianta quadrata di 10×10 m con un'altezza d'interpiano di 3 m e si trova ad un piano intermedio confinante superiormente e inferiormente con locali climatizzati. La parete a Nord è totalmente vetrata e presenta una trasmittanza di $U_{\text{facade}} = 1.4 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ con un fattore solare $g_{\text{gl}} = 0.62$. La parete orientata a Sud è completamente opaca mentre le pareti orientate ad Est e ad Ovest hanno un rapporto fra superficie finestrata e superficie della parete (WWR) pari al 20%. Le pareti opache sono in laterizio con isolamento a cappotto esterno caratterizzate da una trasmittanza $U_{\text{wall}} = 0.5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$. I serramenti hanno una trasmittanza complessiva di $U_{\text{win}} = 1.2 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ e una trasmittanza solare $g_{\text{gl}} = 0.5$. Si trascurino nei calcoli le presenze di eventuali ostruzioni esterne e l'effetto di accumulo di calore nelle componenti opache d'involucro. Si assuma inoltre che i carichi interni, sensibili e latenti, siano dovuti esclusivamente alla presenza delle persone e di 30 PC.

Il locale viene climatizzato attraverso un impianto a tutt'aria che, in aggiunta alla climatizzazione, fornisce la quantità d'aria primaria per la ventilazione. Utilizzando i dati climatici di progetto della riportati in tabella 1 e 2:

Tabella 1 - Dati climatici di progetto (fonte: UNI 10349-2:2016)

	$\theta_{\text{min}} [^\circ\text{C}]$	$U_{\text{re,invernale}} [\%]$	$\theta_{\text{max}} [^\circ\text{C}]$	$\Delta\theta_{\text{max}} [^\circ\text{C}]$	$U_{\text{re,estiva}} [\%]$
Trento	-12	90%	32	12	45%

Tabella 2 – Irradianza solare massima estiva indicente su superfici verticali in W/m^2 (fonte: UNI 10349-2:2016)

ORA	SUD	EST	NORD	OVEST	DIFFUSA	ORIZZONTALE
6	50	562	192	50	50	198
7	86	750	147	79	79	381
8	177	764	109	102	102	552
9	321	713	120	120	120	698
10	439	568	133	133	133	810
11	515	374	141	141	141	881
12	541	156	144	156	144	909
13	515	141	141	374	141	881
14	439	133	133	568	133	810
15	321	120	120	713	120	698
16	177	102	109	764	102	552



Handwritten signatures in blue ink: "AM", "GA", and "AR".

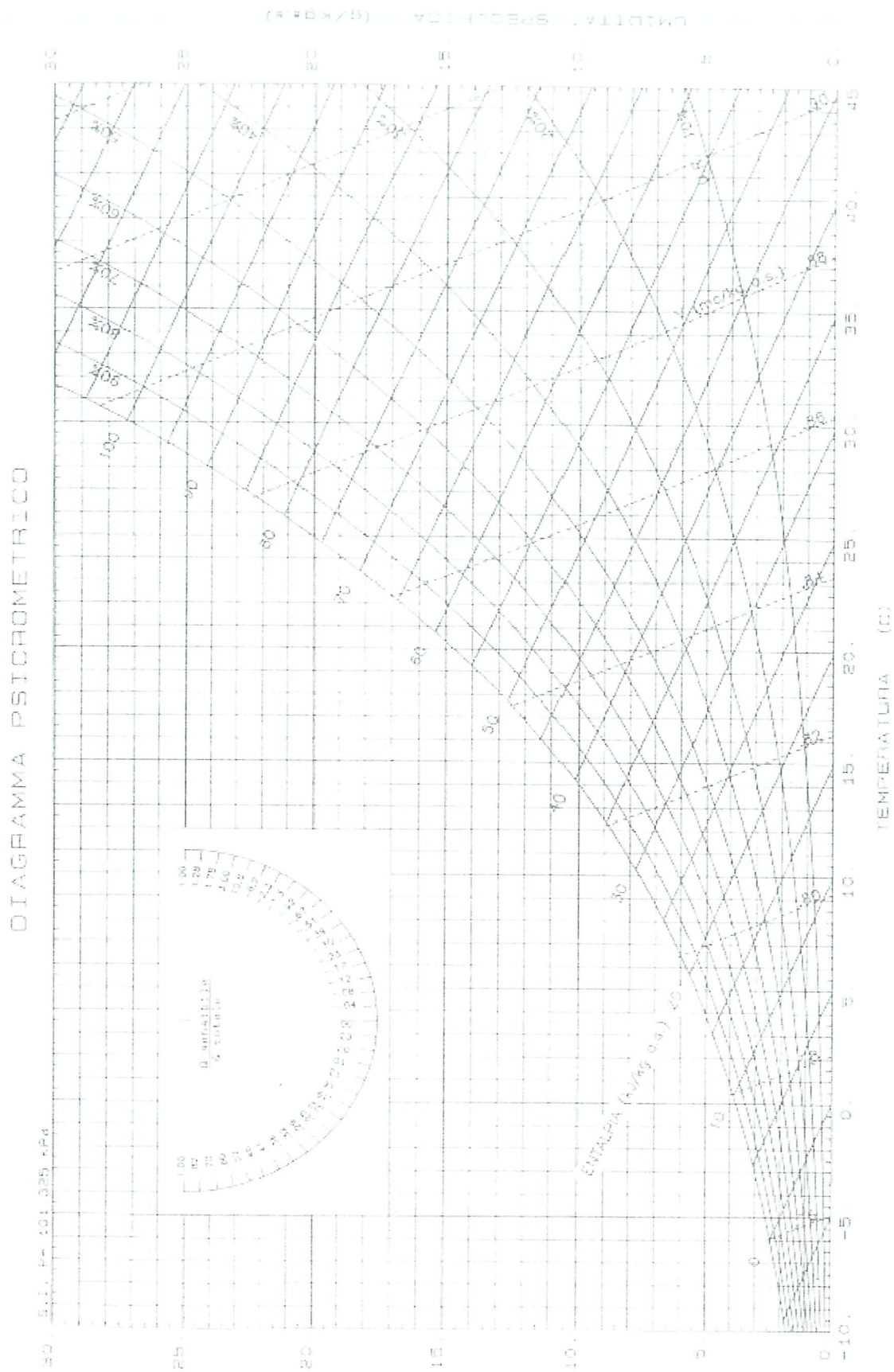
17	86	79	147	750	79	381
18	50	50	192	562	50	198

- Valutare il carico sensibile e il carico latente da asportare/fornire al locale per mantenerlo nelle condizioni interne di progetto;
- Progettare e schematizzare l'impianto a tutt'aria con ricircolo ipotizzando un'efficienza del saturatore adiabatico del 80%, un'efficienza del 90% per lo scambio termico nelle batterie alettate e del 60% per l'eventuale recuperatore di calore;
- Tracciare sui diagrammi ASHRAE allegati le trasformazioni termodinamiche dell'aria umida eseguite nell'Unità di Trattamento Aria (UTA) per portare l'aria dalle condizioni esterne a quelle di immissione;
- Dimensionare il generatore di calore e il chiller da collegare alle batterie alettate, valutare inoltre la portata d'acqua necessaria per alimentare l'umidificatore adiabatico e quella condensata nel deumidificatore.
- Si schematizzi infine l'impianto progettato evidenziando inoltre gli asservimenti richiesti e le possibili strategie di controllo.

Il candidato integri gli eventuali dati mancanti dando le opportune giustificazioni circa i valori numerici e le scelte costruttive effettuate.

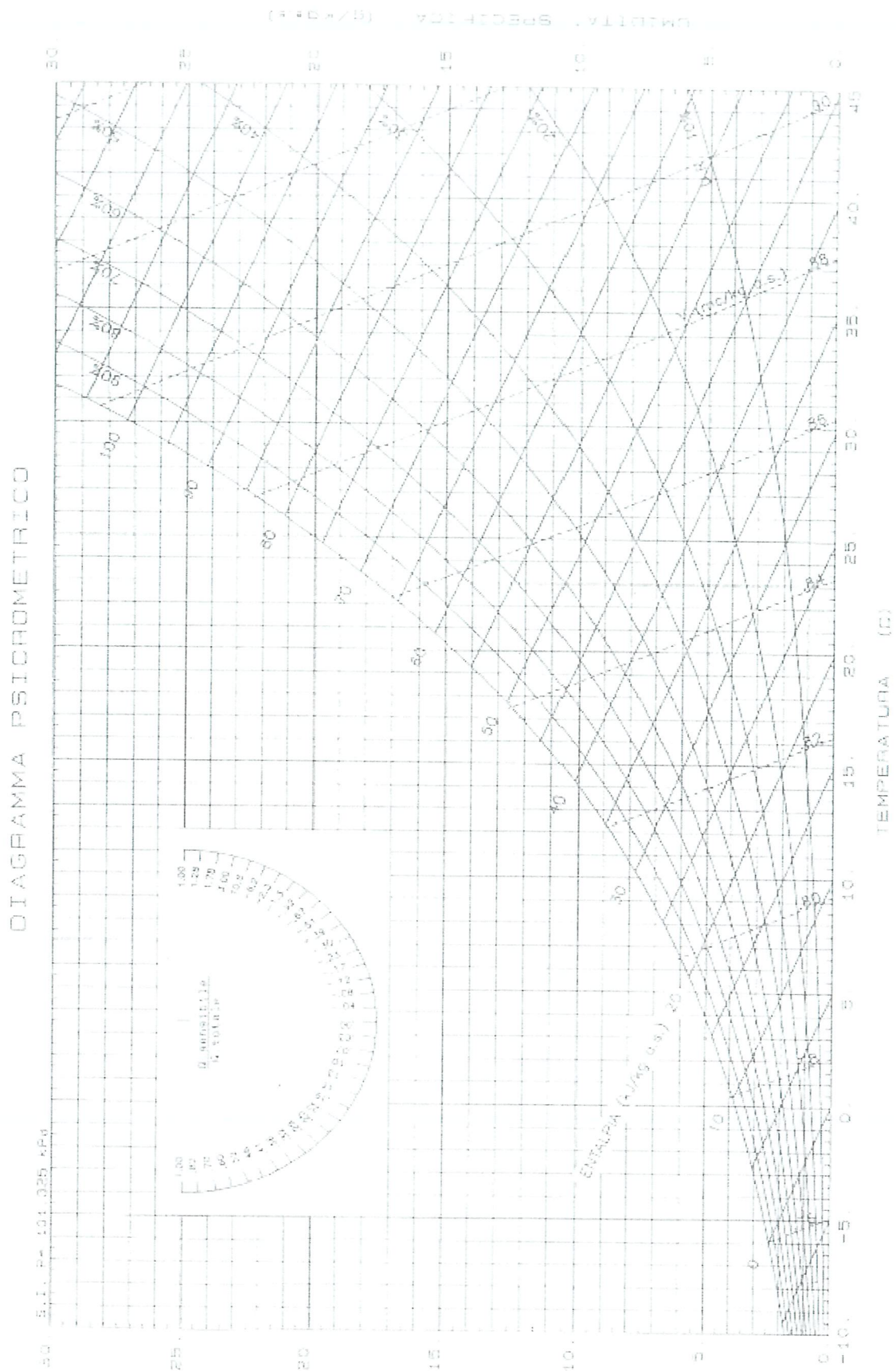


Funzionamento Invernale





Funzionamento Estivo



Handwritten signatures and initials in blue ink.



[Handwritten signatures and initials in blue ink]

Si vuole progettare un impianto cogenerativo costituito da un gruppo turbogas operante secondo un ciclo Brayton semplice del quale sono note le condizioni di lavoro:

- potenza elettrica all'albero: 40 MW
- aria aspirata a 15 °C, 1 atm e umidità relativa del 60%
- rapporto di compressione: $\beta = 9$
- rendimento organico: $\eta_o = 0.96$
- temperatura massima di ingresso nella prima schiera statorica della turbina: 1250 °C
- utilizzo di gas di sintesi con potere calorifico inferiore di 15 MJ kg⁻¹
- nella camera di combustione le perdite di calore sono pari al 2% della potenza termica totale, mentre le perdite di carico sono il 3% della pressione di ingresso.

Il candidato:

- determini i punti caratteristici dell'impianto tenendo in considerazione i valori dei calori specifici a pressione costante riportati in tabella (per semplicità si considerino i valori sia per l'aria sia per i fumi di combustione).

Tabella 3 – Calori specifici dell'aria e dei fumi di combustione

T [°C]	C _p [kJ kg ⁻¹ K ⁻¹]	T [°C]	C _p [kJ kg ⁻¹ K ⁻¹]	T [°C]	C _p [kJ kg ⁻¹ K ⁻¹]	T [°C]	C _p [kJ kg ⁻¹ K ⁻¹]
15	1.005	300	1.020	800	1.072	1300	1.117
100	1.007	400	1.029	1000	1.091	1400	1.125
200	1.013	600	1.049	1200	1.110	1500	1.166

- determinare la portata dei fumi

La portata dei fumi del turbogas viene inviata ad una caldaia a recupero per alimentare un ciclo a vapore surriscaldato avente le seguenti specifiche:

- pressione del vapore: 40 bar
- temperatura massima del vapore corrispondente ad un salto di temperatura di approach-point di 25 °C
- differenza minima di temperatura fra gas caldi e vapore (pinch-point) di 10 °C
- sotto-raffreddamento all'ingresso dell'evaporatore pari a 10 °C
- temperatura di condensazione pari a 95 °C

Il candidato rappresenti il layout d'impianto e della caldaia a recupero. Ipotizzando inoltre che il calore al condensatore venga recuperato per usi cogenerativi, si calcoli la potenza termica recuperata, il rendimento termico ed il rendimento elettrico dell'impianto combinato. Infine il candidato valuti l'indice di risparmio energetico.

Tutti i parametri non esplicitamente indicati possono essere ipotizzati dal candidato in base a considerazioni di buon progetto.



ch
GA
AP

Tabella 4 – Proprietà dell'acqua satura

T [°C]	p [bar]	V _{LIQ} [m ³ kg ⁻¹]	V _{VAP} [m ³ kg ⁻¹]	h _{LIQ} [kJ kg ⁻¹]	h _{VAP} [kJ kg ⁻¹]	S _{LIQ} [kJ K ⁻¹ kg ⁻¹]	S _{VAP} [kJ K ⁻¹ kg ⁻¹]
0	0.01	0.00100	206.13348	-0.04	2500.90	0.00	9.16
5	0.01	0.00100	147.01134	21.02	2510.06	0.08	9.02
10	0.01	0.00100	106.30323	42.02	2519.21	0.15	8.90
15	0.02	0.00100	77.87547	62.98	2528.33	0.22	8.78
20	0.02	0.00100	57.75670	83.91	2537.43	0.30	8.67
25	0.03	0.00100	43.33731	104.83	2546.51	0.37	8.56
30	0.04	0.00100	32.87828	125.73	2555.55	0.44	8.45
35	0.06	0.00101	25.20526	146.63	2564.55	0.51	8.35
40	0.07	0.00101	19.51514	167.53	2573.51	0.57	8.26
45	0.10	0.00101	15.25207	188.43	2582.43	0.64	8.16
50	0.12	0.00101	12.02691	209.34	2591.29	0.70	8.07
55	0.16	0.00101	9.56428	230.26	2600.09	0.77	7.99
60	0.20	0.00102	7.66723	251.18	2608.83	0.83	7.91
65	0.25	0.00102	6.19354	272.12	2617.50	0.89	7.83
70	0.31	0.00102	5.03954	293.07	2626.10	0.96	7.75
75	0.39	0.00103	4.12894	314.03	2634.60	1.02	7.68
80	0.47	0.00103	3.40516	335.01	2643.02	1.08	7.61
85	0.58	0.00103	2.82584	356.01	2651.33	1.13	7.54
90	0.70	0.00104	2.35906	377.04	2659.53	1.19	7.48
95	0.85	0.00104	1.98056	398.09	2667.61	1.25	7.42
100	1.01	0.00104	1.67177	419.17	2675.57	1.31	7.35
105	1.21	0.00105	1.41838	440.27	2683.39	1.36	7.30
110	1.43	0.00105	1.20929	461.42	2691.06	1.42	7.24
115	1.69	0.00106	1.03584	482.59	2698.58	1.47	7.18
120	1.99	0.00106	0.89121	503.81	2705.93	1.53	7.13
125	2.32	0.00106	0.77003	525.07	2713.10	1.58	7.08
130	2.70	0.00107	0.66800	546.38	2720.08	1.63	7.03
135	3.13	0.00107	0.58173	567.74	2726.87	1.69	6.98
140	3.62	0.00108	0.50845	589.16	2733.44	1.74	6.93
145	4.16	0.00109	0.44596	610.64	2739.80	1.79	6.88
150	4.76	0.00109	0.39245	632.18	2745.93	1.84	6.84
155	5.43	0.00110	0.34646	653.79	2751.81	1.89	6.79
160	6.18	0.00110	0.30678	675.47	2757.44	1.94	6.75
165	7.01	0.00111	0.27243	697.24	2762.81	1.99	6.71
170	7.92	0.00111	0.24259	719.08	2767.90	2.04	6.66
175	8.93	0.00112	0.21658	741.02	2772.71	2.09	6.62
180	10.03	0.00113	0.19384	763.05	2777.21	2.14	6.58
185	11.23	0.00113	0.17390	785.19	2781.41	2.19	6.54
190	12.55	0.00114	0.15636	807.43	2785.28	2.24	6.51
195	13.99	0.00115	0.14089	829.79	2788.82	2.28	6.47
200	15.55	0.00116	0.12721	852.27	2792.01	2.33	6.43
205	17.24	0.00116	0.11508	874.88	2794.83	2.38	6.39
210	19.08	0.00117	0.10429	897.63	2797.27	2.42	6.36
215	21.06	0.00118	0.09468	920.53	2799.32	2.47	6.32
220	23.20	0.00119	0.08609	943.58	2800.95	2.52	6.28
225	25.50	0.00120	0.07840	966.80	2802.15	2.56	6.25
230	27.97	0.00121	0.07150	990.19	2802.90	2.61	6.21
235	30.63	0.00122	0.06530	1013.77	2803.17	2.66	6.18
240	33.47	0.00123	0.05970	1037.55	2802.96	2.70	6.14
245	36.51	0.00124	0.05465	1061.55	2802.22	2.75	6.11
250	39.76	0.00125	0.05008	1085.77	2800.93	2.79	6.07
255	43.23	0.00126	0.04594	1110.23	2799.07	2.84	6.04
260	46.92	0.00128	0.04217	1134.96	2796.60	2.88	6.00
265	50.85	0.00129	0.03875	1159.96	2793.49	2.93	5.97
270	55.03	0.00130	0.03562	1185.27	2789.69	2.98	5.93
275	59.46	0.00132	0.03277	1210.90	2785.17	3.02	5.89
280	64.17	0.00133	0.03015	1236.88	2779.87	3.07	5.86
285	69.15	0.00135	0.02776	1263.25	2773.73	3.11	5.82
290	74.42	0.00137	0.02555	1290.03	2766.70	3.16	5.78
295	79.99	0.00138	0.02353	1317.27	2758.70	3.21	5.75
300	85.88	0.00140	0.02166	1345.01	2749.64	3.26	5.71
305	92.09	0.00143	0.01993	1373.30	2739.43	3.30	5.67
310	98.65	0.00145	0.01833	1402.22	2727.95	3.35	5.62
315	105.56	0.00147	0.01685	1431.83	2715.05	3.40	5.58
320	112.84	0.00150	0.01547	1462.22	2700.59	3.45	5.54
325	120.51	0.00153	0.01418	1493.52	2684.33	3.50	5.49
330	128.58	0.00156	0.01298	1525.87	2666.03	3.55	5.44
335	137.07	0.00160	0.01185	1559.45	2645.35	3.61	5.39
340	146.01	0.00164	0.01078	1594.53	2621.85	3.66	5.34
345	155.41	0.00168	0.00977	1631.48	2594.90	3.72	5.28
350	165.29	0.00174	0.00880	1670.89	2563.64	3.78	5.21
355	175.70	0.00181	0.00787	1713.72	2526.65	3.84	5.14
360	186.66	0.00190	0.00695	1761.66	2481.49	3.92	5.05
365	198.21	0.00202	0.00601	1817.77	2422.95	4.00	4.95
370	210.44	0.00222	0.00495	1890.69	2334.52	4.11	4.80



Handwritten signature and initials

373.946	220.64	0.00311	0.00311	2084.26	2084.26	4.41	4.41
---------	--------	---------	---------	---------	---------	------	------

Tabella 5 – Proprietà dell'acqua satura

p [bar]	T [°C]	v _{LIQ} [m ³ kg ⁻¹]	v _{VAP} [m ³ kg ⁻¹]	h _{LIQ} [kJ kg ⁻¹]	h _{VAP} [kJ kg ⁻¹]	s _{LIQ} [kJ K ⁻¹ kg ⁻¹]	s _{VAP} [kJ K ⁻¹ kg ⁻¹]
0.007	1.88	0.00100	181.21706	7.89	2504.35	0.03	9.11
0.008	3.76	0.00100	159.64022	15.81	2507.79	0.06	9.06
0.010	6.97	0.00100	129.17834	29.30	2513.67	0.11	8.97
0.02	17.49	0.00100	66.98688	73.43	2532.88	0.26	8.72
0.03	24.08	0.00100	45.65320	100.98	2544.84	0.35	8.58
0.04	28.96	0.00100	34.79114	121.39	2553.67	0.42	8.47
0.05	32.87	0.00101	28.18528	137.75	2560.73	0.48	8.39
0.06	36.16	0.00101	23.73340	151.48	2566.63	0.52	8.33
0.07	39.00	0.00101	20.52448	163.35	2571.72	0.56	8.27
0.08	41.51	0.00101	18.09887	173.84	2576.21	0.59	8.23
0.09	43.76	0.00101	16.19924	183.25	2580.22	0.62	8.19
0.1	45.81	0.00101	14.67013	191.81	2583.86	0.65	8.15
0.15	53.97	0.00101	10.02010	225.94	2598.28	0.75	8.01
0.2	60.06	0.00102	7.64795	251.42	2608.94	0.83	7.91
0.25	64.96	0.00102	6.20321	271.96	2617.44	0.89	7.83
0.3	69.10	0.00102	5.22841	289.27	2624.55	0.94	7.77
0.35	72.68	0.00102	4.52508	304.30	2630.67	0.99	7.71
0.4	75.86	0.00103	3.99298	317.62	2636.05	1.03	7.67
0.45	78.71	0.00103	3.57594	329.62	2640.86	1.06	7.63
0.5	81.32	0.00103	3.24003	340.54	2645.22	1.09	7.59
0.6	85.93	0.00103	2.73171	359.91	2652.86	1.15	7.53
0.7	89.93	0.00104	2.36479	376.75	2659.42	1.19	7.48
0.8	93.49	0.00104	2.08708	391.71	2665.18	1.23	7.43
0.9	96.69	0.00104	1.86936	405.20	2670.31	1.27	7.39
1	99.61	0.00104	1.69393	417.50	2674.95	1.30	7.36
1.01325	99.97	0.00104	1.67320	419.06	2675.53	1.31	7.35
1.2	104.78	0.00105	1.42836	439.36	2683.05	1.36	7.30
1.4	109.29	0.00105	1.23657	458.42	2689.98	1.41	7.25
1.6	113.30	0.00105	1.09136	475.38	2696.04	1.46	7.20
1.8	116.91	0.00106	0.97747	490.70	2701.41	1.49	7.16
2	120.21	0.00106	0.88568	504.70	2706.23	1.53	7.13
2.5	127.41	0.00107	0.71866	535.34	2716.49	1.61	7.05
3	133.52	0.00107	0.60576	561.43	2724.88	1.67	6.99
3.5	138.86	0.00108	0.52418	584.26	2731.96	1.73	6.94
4	143.61	0.00108	0.46238	604.65	2738.05	1.78	6.90
4.5	147.90	0.00109	0.41390	623.14	2743.39	1.82	6.86
5	151.83	0.00109	0.37481	640.09	2748.11	1.86	6.82
6	158.83	0.00110	0.31558	670.38	2756.14	1.93	6.76
7	164.95	0.00111	0.27277	697.00	2762.75	1.99	6.71
8	170.41	0.00111	0.24034	720.86	2768.30	2.05	6.66
9	175.35	0.00112	0.21489	742.56	2773.03	2.09	6.62
10	179.88	0.00113	0.19436	762.52	2777.11	2.14	6.59
11	184.06	0.00113	0.17745	781.03	2780.65	2.18	6.55
12	187.96	0.00114	0.16326	798.33	2783.74	2.22	6.52
13	191.60	0.00114	0.15119	814.60	2786.46	2.25	6.49
14	195.04	0.00115	0.14078	829.97	2788.85	2.28	6.47
15	198.29	0.00115	0.13171	844.56	2790.96	2.31	6.44
16	201.37	0.00116	0.12374	858.46	2792.82	2.34	6.42
17	204.31	0.00116	0.11667	871.74	2794.46	2.37	6.40
18	207.11	0.00117	0.11037	884.47	2795.91	2.40	6.38
19	209.80	0.00117	0.10470	896.71	2797.18	2.42	6.36
20	212.38	0.00118	0.09959	908.50	2798.29	2.45	6.34
25	223.95	0.00120	0.07995	961.91	2801.93	2.55	6.26
30	233.85	0.00122	0.06666	1008.34	2803.15	2.65	6.19
35	242.56	0.00123	0.05706	1049.80	2802.64	2.73	6.12
40	250.35	0.00125	0.04978	1087.49	2800.82	2.80	6.07
45	257.44	0.00127	0.04406	1122.25	2797.95	2.86	6.02
50	263.94	0.00129	0.03945	1154.64	2794.21	2.92	5.97
55	269.97	0.00130	0.03564	1185.09	2789.72	2.98	5.93
60	275.58	0.00132	0.03245	1213.92	2784.59	3.03	5.89
65	280.86	0.00134	0.02973	1241.38	2778.88	3.08	5.85
70	285.83	0.00135	0.02738	1267.66	2772.63	3.12	5.81
75	290.54	0.00137	0.02533	1292.93	2765.89	3.17	5.78
80	295.01	0.00138	0.02353	1317.31	2758.68	3.21	5.74
85	299.27	0.00140	0.02192	1340.93	2751.03	3.25	5.71
90	303.34	0.00142	0.02049	1363.87	2742.94	3.29	5.68
95	307.25	0.00144	0.01920	1386.23	2734.43	3.32	5.65
100	311.00	0.00145	0.01803	1408.06	2725.49	3.36	5.62
110	318.08	0.00149	0.01599	1450.44	2706.35	3.43	5.55
120	324.68	0.00153	0.01426	1491.46	2685.45	3.50	5.49
130	330.85	0.00157	0.01278	1531.51	2662.68	3.56	5.43
140	336.67	0.00161	0.01149	1570.96	2637.86	3.62	5.37
150	342.16	0.00166	0.01034	1610.20	2610.70	3.68	5.31
160	347.35	0.00171	0.00931	1649.69	2580.79	3.75	5.25

Handwritten signature and initials



Handwritten signatures and initials:
Am, GA, AB

170	352.29	0.00177	0.00837	1690.03	2547.50	3.81	5.18
220.64	373.95	0.00311	0.00311	2084.26	2084.26	4.41	4.41

Tabella 6 – Proprietà del vapore surriscaldato

Pressione bar (temp. sat. °C)		Temperatura [°C]											
		50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800
0.02 (17.5)	v	74.524	86.080	97.628	109.171	120.711	132.251	143.790	155.329	178.405	201.482	224.558	247.634
	h	2594.4	2688.5	2783.7	2880.0	2977.7	3076.8	3177.7	3279.7	3489.2	3705.6	3928.8	4158.7
	s	8.9226	9.1934	9.4327	9.6479	9.8441	10.0251	10.1934	10.3512	10.6413	10.9044	11.1464	11.3712
0.04 (29.0)	v	37.240	43.027	48.806	54.580	60.351	66.122	71.892	77.662	89.201	100.740	112.278	123.816
	h	2593.9	2688.3	2783.5	2879.9	2977.6	3076.8	3177.4	3279.7	3489.2	3705.6	3928.8	4158.7
	s	8.6016	8.8730	9.1125	9.3279	9.5241	9.7051	9.8735	10.0313	10.3214	10.5845	10.8265	11.0513
0.06 (36.2)	v	24.812	28.676	32.532	37.383	40.232	44.079	47.927	51.773	59.467	67.159	74.852	82.544
	h	2593.5	2688.0	2783.4	2879.8	2977.6	3076.7	3177.4	3279.6	3489.2	3705.6	3928.8	4158.7
	s	8.4135	8.6854	8.9251	9.1406	9.3369	9.5179	9.6863	9.8441	10.1342	10.3973	10.6394	10.8642
0.08 (41.5)	v	18.598	21.501	24.395	27.284	30.172	33.058	35.944	38.829	44.599	50.369	56.138	61.908
	h	2593.1	2687.8	2783.2	2879.7	2977.5	3076.7	3177.3	3279.6	3489.1	3705.5	3928.8	4158.7
	s	8.2797	8.5521	8.7921	9.0077	9.2041	9.3851	9.5535	9.7113	10.0014	10.2646	10.5066	10.7314
0.10 (45.8)	v	14.869	17.195	19.512	21.825	24.136	26.445	28.754	31.062	35.679	40.295	44.910	49.526
	h	2592.7	2687.5	2783.1	2879.6	2977.4	3076.6	3177.3	3279.6	3489.1	3705.5	3928.8	4158.7
	s	8.1757	8.4486	8.6888	8.9045	9.1010	9.2820	9.4504	9.6083	9.8984	10.1616	10.4036	10.6284
0.50 (81.3)	v	0.001012	3.4181	3.8893	4.3560	4.8205	5.2839	5.7467	6.2091	7.1335	8.0574	8.9810	9.9044
	h	209.29	2682.6	2780.1	2877.7	2976.1	3075.7	3176.6	3279.0	3488.7	3705.2	3928.6	4158.5
	s	0.70349	7.6953	7.9406	8.1587	8.3564	8.5380	8.7068	8.8649	9.1552	9.4185	9.6606	9.8855
1.00 (99.6)	v	0.001012	1.6955	1.9363	2.1723	2.4061	2.6387	2.8708	3.1025	3.5653	4.0277	4.4898	4.9517
	h	209.33	2676.2	2776.1	2875.4	2974.5	3074.5	3175.6	3278.2	3488.1	3704.8	3928.2	4158.3
	s	0.70347	7.3618	7.6137	7.8349	8.0342	8.2166	8.3858	8.5442	8.8348	9.0982	9.3405	9.5654
2.00 (120.2)	v	0.001012	0.001044	0.959 54	1.0804	1.1989	1.3162	1.4328	1.5492	1.7812	2.0129	2.2442	2.4754
	h	209.42	419.14	2768.5	2870.5	2971.2	3072.1	3173.8	3276.7	3487.0	3704.0	3927.6	4157.8
	s	0.70342	1.30679	7.2794	7.5072	7.7096	7.8937	8.0638	8.2226	8.5139	8.7776	9.0201	9.2452
3.00 (133.5)	v	0.001012	0.001044	0.633 74	0.716 35	0.796 44	0.875 29	0.953 52	1.031 4	1.1865	1.3412	1.4957	1.6499
	h	209.5	419.21	2760.4	2865.5	2967.9	3069.7	3171.9	3275.2	3486.0	3703.2	3927.0	4157.3
	s	0.70338	1.30671	7.0771	7.3119	7.5176	7.7034	7.8744	8.0338	8.3257	8.5898	8.8325	9.0577
4.00 (143.6)	v	0.001012	0.001044	0.470 66	0.534 26	0.595 19	0.654 85	0.713 85	0.772 50	0.889 19	1.0054	1.1214	1.2372
	h	209.59	419.29	2752.0	2860.4	2964.5	3067.2	3170.0	3273.6	3484.9	3702.3	3926.4	4156.9
	s	0.70333	1.30664	6.9285	7.1708	7.3800	7.5675	7.7395	7.8994	8.1919	8.4563	8.6992	8.9246
5.00 (151.8)	v	0.001012	0.001044	0.001091	0.424 96	0.47443	0.522 58	0.570 05	0.617 16	0.710 78	0.803 95	0.896 85	0.989 56
	h	209.68	419.36	632.16	2855.1	2961.1	3064.8	3168.1	3272.1	3483.8	3701.5	3925.8	4156.4
	s	0.70328	1.30656	1.84161	7.0592	7.2721	7.4614	7.6343	7.7948	8.0879	8.3626	8.5957	8.8213
6.00 (158.8)	v	0.001012	0.001043	0.001091	0.352 04	0.393 91	0.434 39	0.474 19	0.513 61	0.591 84	0.669 63	0.747 14	0.824 47
	h	209.76	419.44	632.23	2849.7	2951.6	3062.3	3166.2	3270.6	3482.7	3700.7	3925.1	4155.9
	s	0.70324	1.30648	1.8415	6.9662	7.1829	7.3740	7.5479	7.7090	8.0027	8.2678	8.5111	8.7368
7.00 (165.0)	v	0.001012	0.001043	0.001091	0.299 92	0.336 37	0.371 39	0.405 71	0.439 64	0.506 89	0.573 68	0.640 21	0.706 55
	h	209.85	419.51	632.29	2844.2	2954.0	3059.8	3164.3	3269.0	3481.6	3699.9	3924.5	4155.5
	s	0.70319	1.3064	1.84139	6.8859	7.1066	7.2997	7.4745	7.6332	7.9305	8.1959	8.4395	8.6653
8.00 (170.4)	v	0.001012	0.001043	0.001091	0.260 79	0.293 21	0.324 14	0.354 34	0.384 16	0.443 17	0.501 72	0.560 01	0.618 11
	h	209.93	419.59	632.35	2838.6	2950.4	3057.3	3162.4	3267.5	3480.5	3699.1	3923.9	4155.0
	s	0.70314	1.30632	1.84128	6.8148	7.0397	7.2348	7.4107	7.5729	7.8678	8.1336	8.3773	8.6033
9.00 (175.4)	v	0.001012	0.001043	0.001091	0.230 32	0.259 63	0.278 39	0.314 40	0.341 01	0.393 61	0.445 76	0.497 63	0.549 33
	h	210.02	419.66	632.41	2832.7	2946.8	3054.7	3160.5	3266.0	3479.4	3698.2	3923.3	4154.5
	s	0.7031	1.30624	1.84116	6.7508	6.9800	7.1771	7.3540	7.5169	7.8124	8.0785	8.3225	8.5486
10.00 (179.9)	v	0.001012	0.001043	0.00109	0.205 92	0.232 75	0.257 98	0.282 43	0.306 49	0.353 96	0.400 98	0.447 73	0.494 30
	h	210.11	419.74	632.47	2826.8	2943.0	3052.1	3158.5	3264.4	3478.3	3697.4	3922.7	4154.1
	s	0.70305	1.30616	1.84105	6.6922	6.9259	7.1251	7.3031	7.4665	7.7627	8.0292	8.2734	8.4997
15.00 (198.3)	v	0.001011	0.001043	0.001090	0.132 38	0.151 99	0.169 70	0.186 53	0.202 92	0.235 03	0.266 66	0.298 03	0.329 21
	h	210.54	420.11	632.78	2794.7	2923.5	3038.9	3148.7	3256.6	3472.8	3693.3	3919.6	4151.7
	s	0.70282	1.30577	1.8405	6.4508	6.7099	6.9207	7.1044	7.2709	7.5703	7.8385	8.0838	8.3108
20.00 (212.4)	v	0.001011	0.001043	0.001090	0.001156	0.111 45	0.125 50	0.138 66	0.151 13	0.175 55	0.199 50	0.223 17	0.246 66
	h	210.97	420.49	633.09	852.55	2902.4	3025.0	3138.6	3248.7	3467.3	3689.2	3916.5	4149.4
	s	0.70258	1.30538	1.83994	2.32995	6.5454	6.7696	6.9596	7.1296	7.4323	7.7022	7.9485	8.1763
25.00 (223.9)	v	0.001011	0.001043	0.001089	0.001156	0.086 985	0.098 925	0.109 75	0.120 04	0.139 87	0.159 21	0.178 26	0.197 14
	h	211.4	420.86	633.4	852.76	2879.5	3010.4	3128.2	3240.7	3461.7	3685.1	3913.4	4147.0
	s	0.70235	1.30499	1.83939	2.32916	6.4077	6.6470	6.8442	7.0178	7.3240	7.5956	7.8431	8.0716
30.00 (233.8)	v	0.001011	0.001042	0.001089	0.001155	0.070 551	0.081 159	0.090 526	0.099 310	0.116 08	0.132 34	0.148 32	0.164 12
	h	211.83	421.24	633.71	852.96	2854.8	2995.1	3117.5	3232.5	3456.5	3681.0	3910.3	4144.7
	s	0.70212	1.3046	1.83883	2.32838	6.2857	6.5422	6.7471	6.9246	7.2345	7.5079	7.7564	7.9857
35.00 (242.5)	v	0.001011	0.001042	0.001089	0.001155	0.058 693	0.068 424	0.076 776	0.084 494	0.099 088	0.113 15	0.126 94	0.140 54
	h	212.26	421.62	634.03	853.17	2828.1	2979.0	3106.5	3224.2	3450.6	3676.9	3907.2	4142.4
	s	0.70188	1.30421	1.83828	2.32759	6.1732	6.4491	6.6626	6.8443	7.1580	7.4332	7.6828	7.9128



[Handwritten signatures and initials]

40.00 (250.3)	v	0.00101	0.001042	0.001088	0.001154	0.001251	0.058 833	0.066 446	0.073 376	0.086 341	0.098 763	0.110 90	0.122 85
	h	212.69	421.99	634.34	853.37	1085.78	2962.0	3095.1	3215.7	3445.0	3672.8	3904.1	4140.0
	s	0.70165	1.30382	1.83773	2.32681	2.79343	6.3642	6.5870	6.7733	7.0909	7.3680	7.6187	7.8495
45.00 (257.4)	v	0.00101	0.001041	0.001088	0.001154	0.00125	0.051 336	0.058 696	0.064 721	0.076 427	0.087 570	0.098 425	0.109 10
	h	213.12	422.37	634.65	853.58	1085.77	2944.2	3083.3	3207.1	3439.3	3668.6	3901.0	4137.7
	s	0.70142	1.30343	1.83718	2.32603	2.79221	6.2852	6.5182	6.7093	7.0311	7.3100	7.5619	7.7934

Pressione bar (temp.sat. °C)		Temperatura [°C]											
		50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800
50.00 (263.9)	v	0.00101	0.001041	0.001088	0.001153	0.001249	0.045 301	0.051 941	0.057 791	0.068 494	0.078 616	0.088 446	0.098 093
	h	213.55	422.74	634.96	853.79	1085.76	29255	3071.2	3198.3	3433.7	3664.5	3897.9	4135.3
	s	0.70119	1.30304	1.83663	2.32525	2.791	6.2105	6.4545	6.6508	6.9770	7.2578	7.5108	7.7431
60.00 (275.6)	v	0.001009	0.001041	0.001087	0.001152	0.001248	0.036 145	0.042 222	0.047 379	0.056 592	0.065 184	0.073 478	0.081 587
	h	214.41	423.49	635.58	854.21	1085.75	2885.0	3045.8	3180.1	3422.2	3656.2	3891.7	4130.7
	s	0.70072	1.30227	1.83554	2.3237	2.78859	6.0692	6.3386	6.5462	6.8818	7.1664	7.4217	7.6550
70.00 (285.8)	v	0.001009	0.00104	0.001086	0.001151	0.001246	0.029 457	0.035 233	0.039 922	0.048 086	0.055 590	0.062 787	0.069 798
	h	215.26	424.25	636.21	854.63	1085.75	2839.4	3018.7	3161.2	3410.6	3647.9	3885.4	4126.0
	s	0.70026	1.30149	1.83445	2.32217	2.78621	5.9327	6.2333	6.4536	6.7993	7.0880	7.3456	7.5808
80.00 (295.0)	v	0.001009	0.00104	0.001086	0.00115	0.001244	0.024 264	0.029 948	0.034 310	0.041 704	0.048 394	0.054 770	0.060 956
	h	216.12	425	636.84	855.06	1085.77	2786.8	2989.9	3141.6	3398.8	3639.5	3879.2	4121.0
	s	0.69979	1.30072	1.83337	2.32064	2.78386	5.7942	6.1349	6.3694	6.7262	7.0191	7.2790	7.5158
90.00 (303.3)	v	0.001008	0.001039	0.001085	0.001149	0.001245	0.001402	0.025 792	0.029 29	0.036 737	0.042 798	0.048 534	0.054 080
	h	216.98	425.75	637.47	855.49	1085.79	1344.55	2959.0	3121.2	3386.8	3631.1	3873.0	4116.7
	s	0.69933	1.29995	1.83229	2.31912	2.78153	3.25329	6.0408	6.2915	6.6600	6.9574	7.2196	7.4579
100.00 (311.0)	v	0.001008	0.001039	0.001084	0.001148	0.001241	0.001398	0.022 421	0.026 408	0.032 760	0.038 320	0.043 546	0.048 580
	h	217.84	426.5	638.1	855.92	1085.83	1343.36	2925.8	3099.9	3374.6	3622.7	3866.8	4112.0
	s	0.69887	1.29919	1.83121	2.31761	2.77923	3.24878	5.9489	6.2182	6.5994	6.9013	7.1660	7.4058
125.00 (327.8)	v	0.001007	0.001037	0.001083	0.001146	0.001236	0.001388	0.016 122	0.020 010	0.025 590	0.030 259	0.034 510	0.038 682
	h	219.99	428.39	639.67	857.02	1085.96	1340.65	2828.0	3042.9	3343.3	3601.4	3851.1	4100.3
	s	0.69771	1.29728	1.82854	2.31387	2.77357	3.23797	5.7155	6.0481	6.4654	6.7796	7.0504	7.2942
150.00 (342.1)	v	0.001006	0.001036	0.001081	0.001143	0.001232	0.001378	0.011 462	0.015 661	0.020 795	0.024 884	0.028 587	0.032 086
	h	222.13	430.27	641.26	858.14	1086.16	1338.25	2694.8	2979.1	3310.6	3579.8	3835.4	4088.6
	s	0.69656	1.29638	1.8259	2.31018	2.76804	3.22776	5.4467	5.8876	6.3487	6.6764	6.9536	7.2013
175.00 (354.6)	v	0.001005	0.001036	0.00108	0.001141	0.001229	0.001369	0.001716	0.012 460	0.017 359	0.021 043	0.024 314	0.027 376
	h	224.27	432.16	642.85	859.27	1096.41	1336.14	1663.62	2906.3	3276.5	3557.8	3819.7	4077.0
	s	0.69541	1.29351	1.82328	2.30655	2.76265	3.21808	3.764	5.7274	6.2432	6.5858	6.8698	7.1215
200.00 (365.7)	v	0.001003	0.001034	0.001078	0.001139	0.001225	0.001361	0.001666	0.009 947 0	0.014 771	0.018 161	0.021 111	0.023 845
	h	226.41	434.05	644.45	860.43	1086.72	1334.26	1647.18	2820.5	3241.1	3535.5	3803.8	4065.3
	s	0.69427	1.29614	1.82068	2.30296	2.75737	3.20885	3.73084	5.5855	6.1456	6.5043	6.7953	7.0511
300.00	v	0.000999	0.001029	0.001072	0.001113	0.001211	0.001322	0.001554	0.002 830 6	0.008 680 8	0.011 436	0.013 647	0.015 619
	h	234.95	441.62	650.9	865.2	1088.42	1328.69	1610.04	2161.8	3085.0	3443.0	3739.7	4018.5
	s	0.68971	1.2843	1.81053	2.28907	2.73735	3.17565	3.64552	4.4896	5.7972	6.2340	6.5560	6.8288
400.00	v	0.000995	0.001024	0.001066	0.001122	0.001198	0.001308	0.00149	0.001 909 1	0.005 615 6	0.008 088 4	0.009 930 2	0.011 521
	h	243.46	449.22	657.44	870.2	1090.76	1325.39	1589.69	1934.1	2906.8	3346.4	3674.8	3971.7
	s	0.68519	1.27714	1.80072	2.27584	2.71879	3.14688	3.58848	4.1190	5.4762	6.0135	6.3701	6.6606
500.00	v	0.000991	0.00102	0.001061	0.001114	0.001187	0.001287	0.001444	0.001 729 1	0.003 882 2	0.006 111 3	0.007 719 7	0.009 075 9
	h	251.94	456.83	664.06	865.4	1093.61	1323.69	1576.39	1877.7	2723.0	3248.3	3610.2	3925.3
	s	0.68069	1.27014	1.79123	2.26319	2.70145	3.12127	3.54361	4.0083	5.1782	5.8207	6.2138	6.5222
600.00	v	0.000988	0.001016	0.001055	0.001107	0.001176	0.00127	0.001408	0.001 632 4	0.002 915 5	0.004 835 0	0.006 269 0	0.007 460 3
	h	260.39	464.46	670.74	880.76	1096.88	1323.17	1567.15	1847.3	2570.6	3151.6	3547.0	3879.6
	s	0.67622	1.26331	1.78203	2.25105	2.68513	3.09806	3.5059	3.9383	4.9374	5.6477	6.0775	6.4031
700.00	v	0.000984	0.001012	0.00105	0.001101	0.001166	0.001254	0.001379	0.001 567 1	0.002 466 8	0.003 971 9	0.005 256 6	0.006 320 8
	h	268.81	472.1	677.48	886.27	1100.51	1323.57	1560.58	1827.8	2467.1	3060.4	3486.3	3835.3
	s	0.67177	1.25662	1.76308	2.23937	2.66967	3.07674	3.473	3.8855	4.7688	5.4931	5.9562	6.2979
800.00	v	0.000980	0.001008	0.001045	0.001094	0.001157	0.00124	0.001355	0.001 518 0	0.002 188 1	0.003 379 2	0.004 519 3	0.005480 5
	h	277.2	479.75	684.28	891.92	1104.43	1324.7	1555.92	1814.2	2397.4	2980.3	3428.7	3792.8
	s	0.66733	1.25006	1.76438	2.22811	2.65497	3.05696	3.4436	3.8425	4.6488	5.3595	5.8470	6.2034
900.00	v	0.000977	0.001004	0.001041	0.001088	0.001149	0.001227	0.001334	0.001 478 8	0.002 012 9	0.002 966 8	0.003 964 2	0.004 840 7
	h	285.55	487.4	691.12	897.87	1108.62	1326.43	1552.7	1804.6	2349.9	2913.5	3374.6	3752.4
	s	0.6629	1.24363	1.75591	2.21721	2.64093	3.03845	3.41686	3.8059	4.5602	5.2468	5.7479	6.1179
1000.00	v	0.000973	0.001	0.001036	0.001082	0.001141	0.001216	0.001315	0.001 446 4	0.001 893 4	0.002 668 1	0.003 535 6	0.004 341 1
	h	293.87	495.07	698	903.53	1113.02	1328.65	1550.6	1797.6	2316.1	2857.5	3324.4	3714.3
	s	0.65848	1.23732	1.74764	2.20666	2.62748	3.02102	3.39225	3.7738	4.4913	5.1505	5.6579	6.0397



[Handwritten signatures and a large stylized mark]

ESAME DI STATO

Per l'abilitazione all'esercizio della professione di

Ingegnere – Sezione A
SECONDA SESSIONE 2019

Settore: industriale

LM-33 o 36/S - Ingegneria meccanica

PROVA PRATICA

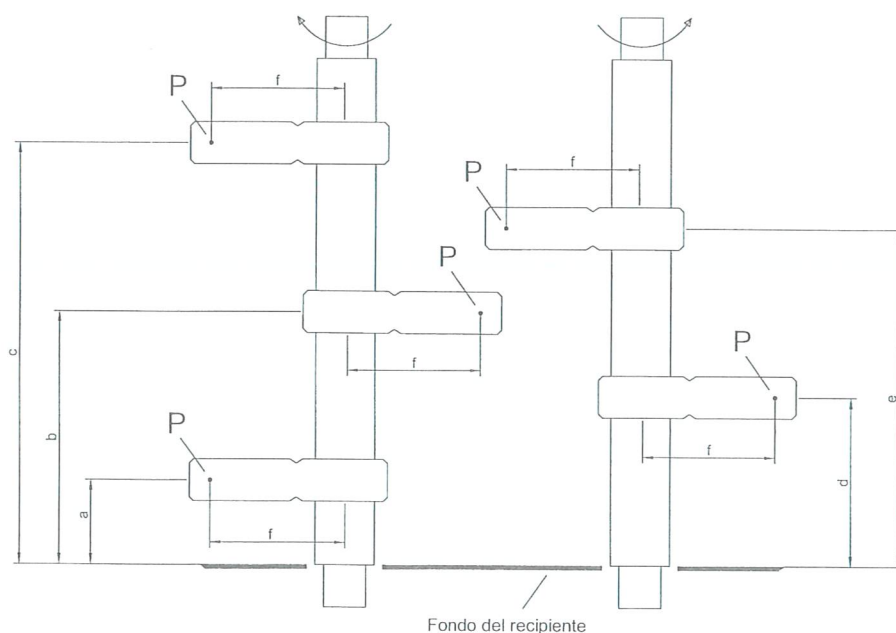
Tema n. 1

In figura è riportato lo schema (non in scala) di un agitatore per l'industria chimica, costituito da due alberi co-rotanti alla velocità di 120 giri/min dotati di due e tre palette rispettivamente. Il sistema è destinato a lavorare regolarmente per 14 ore/giorno, 300 giorni/anno, con sovraccarichi trascurabili.

Per azionare il sistema è stato scelto un motore elettrico con velocità di rotazione a regime di 900 giri/min, che trasmette il moto ad un albero intermedio tramite un collegamento a cinghia. L'albero intermedio movimentata infine, tramite trasmissione ad ingranaggi, gli alberi dell'agitatore.

Das im Bild dargestellte Schema (nicht nach Maß) eines Rührwerks für die chemische Industrie, bestehend aus zwei gleichlaufenden Wellen mit einer Drehzahl von 120 U/min, ausgestattet mit zwei bzw. drei Schaufeln. Das System ist so konzipiert, dass es 14 Stunden/Tag, 300 Tage/Jahr lang regelmäßig arbeitet, mit vernachlässigbaren Überlastungen.

Für den Antrieb des Systems, das die Bewegung über einen Treibriemen auf eine Zwischenwelle überträgt, wird ein Elektromotor mit einer Drehzahl von 900 U/min gewählt. Schließlich treibt die Zwischenwelle die Rührwellen über einen Zahnradantrieb an.





Dati:

$P=800$ N, spinta tangenziale

$a=100$ mm $b=300$ mm $c=500$ mm
 $d=200$ mm $e=400$ mm $f=250$ mm

Dopo aver assunto i dati mancanti, al candidato è richiesto di:

- 1) Proporre una soluzione costruttiva, per la trasmissione di moto da albero intermedio agli alberi dell'agitatore.
- 2) Realizzare uno schizzo del sistema definito, anche alla luce dei risultati del punto precedente.
- 3) Realizzare un dimensionamento di massima della trasmissione ad ingranaggi e della trasmissione a cinghia.
- 4) Proporre una soluzione costruttiva (con schizzo del sistema) per il vincolo degli alberi dell'agitatore e dell'albero intermedio.
- 5) Dimensionare gli alberi
- 6) Descrivere i criteri per la selezione dei materiali e per la realizzazione di eventuali trattamenti finali da effettuare sugli stessi.

Daten:

$P=800$ N, tangentialer Antrieb

$a=100$ mm $b=300$ mm $c=500$ mm
 $d=200$ mm $e=400$ mm $f=250$ mm

Nach der Übernahme der fehlenden Daten wird der Kandidat dazu aufgefordert:

- 1) Schlagen Sie eine konstruktive Lösung für die Übertragung der Bewegung von der Zwischenwelle auf die Wellen des Rührwerks vor.
- 2) Machen Sie eine Skizze des definierten Systems, auch im Lichte der Ergebnisse des vorherigen Punktes.
- 3) Führen Sie eine Vordimensionierung von Zahnradantrieb und Treibriemen durch.
- 4) Vorschlag einer konstruktiven Lösung (mit einer Skizze des Systems) für die Befestigung der Wellen des Rührwerks und der Zwischenwelle.
- 5) Dimensionierung der Wellen
- 6) Beschreiben Sie die Kriterien für die Auswahl der Materialien und die dementsprechende eventuelle Durchführung der Endbehandlungen.



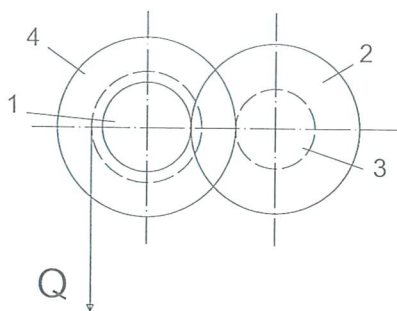
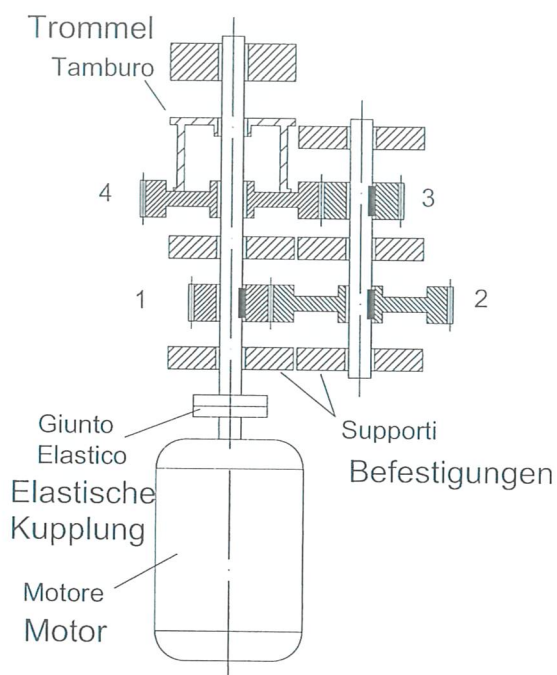
[Handwritten signatures in blue ink]

In seguito è riportato lo schema (non in scala) di un argano, mosso da un motore funzionante a 900 giri/min. L'argano ha una portata $Q=12$ kN, ed una velocità di rotazione di 45 giri/min. Il tamburo ha un diametro esterno $d=250$ mm, ed è collegato tramite bullonatura all'ingranaggio n°4.

L'assieme ingranaggio tamburo è montato libero (con cuscinetti) sull'albero motore.

Unten ist ein Diagramm (nicht nach maß) einer Winde, die von einem Motor mit 900 U/min angetrieben wird. Die Winde hat eine Nutzlast $Q=12$ kN und eine Drehzahl von 45 U/min. Die Trommel hat einen Außendurchmesser von $d=250$ mm und ist durch ein Schraubenanschluss mit dem Zahnrad Nr. 4 verbunden.

Das Trommelgetriebe ist frei (mit Lagern) auf der Antriebswelle montiert.



Dopo aver assunto i dati mancanti, al candidato è richiesto di:

- 1) Realizzare gli schemi di corpo libero e i diagrammi di azione interna degli alberi.
- 2) Dimensionare gli elementi del sistema, con particolare attenzione a: diametro alberi, cuscinetti e chiavette.
- 3) Realizzare uno schizzo quotato della soluzione di montaggio dell'assieme ingranaggio-tamburo sull'albero motore.
- 4) Per i diversi componenti: discutere i criteri per la scelta dei materiali e descrivere eventuali trattamenti finali a cui questi devono essere sottoposti per un ottimale funzionamento.

Nach der Übernahme der fehlenden Daten wird der Kandidat dazu aufgefordert:

- 1) Führen Sie den Schnittprinzip und die Beanspruchung Diagramme der Wellen durch.
- 2) Dimensionieren Sie die Systemelemente unter besonderer Berücksichtigung von: Wellendurchmesser, Lagern und Passfedern.
- 3) Zeichnen Sie eine kotierte Skizze der Lösung für die Montage der Getriebetrommelbaugruppe auf der Antriebswelle.
- 4) Für die verschiedenen Komponenten: Beschreiben Sie die Kriterien für die Auswahl der Materialien und beschreiben Sie alle optimalen erforderlichen Endbehandlungen für einen Optimalen Betrieb